



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Inhaltsstoffe und Bedeutung ausgewählter Wurzelgemüse in der Humanernährung

*Apiaceae: Daucus carota, Petroselinum crispum
und Pastinaca sativa*

Verfasserin

Barbara Berger

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2012

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 474

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Diplomstudium Ernährungswissenschaften

Betreuerin / Betreuer:

Prof. Mag. Dr. Susanne TILL

Eidesstattliche Erklärung

Ich, Barbara Berger, geboren am 27. 06. 1980 in Wien, erkläre,

1. dass ich meine Diplomarbeit selbständig verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe,
2. dass ich meine Diplomarbeit bisher weder im In- noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe,
3. dass ich, falls die Arbeit mein Unternehmen betrifft, meinen Arbeitgeber über Titel, Form und Inhalt der Diplomarbeit unterrichtet und sein Einverständnis eingeholt habe.

Wien, 2012

Barbara Berger

Danksagung und Widmung

Ich bedanke mich bei allen Lektoren der Studienrichtung Ernährungswissenschaften, die mit ihren interessanten Vorlesungen und Seminaren mein Studium bereichert haben. Vor allem möchte ich Frau Prof. Mag. Dr. Susanne Till für die fachliche Unterstützung bei meiner Diplomarbeit danken.

Ein besonderes Dankeschön geht an...

...Susanne Lindenthal, die mich zu diesem Thema inspiriert hat und mir in den letzten Semestern eine große Unterstützung war.

...Ricarda Greindl, für ihre Freundschaft und die gemeinsame Liebe zu Schweden. Ricarda, jag är mycket stolt att vi är bästa vänner!

...Carmen Maria Contala und Stefanie Rössler, für die gute Zusammenarbeit während des Studiums und ihre Freundschaft, die hoffentlich auch in Zukunft erhalten bleibt.

...alle Kolleginnen, die ich während meines Studiums kennengelernt habe und auf die ich immer zählen konnte: Elisabeth Horak, Judith Käfer, Brigitte Rothen, Sue Gruber und Marion Csadek.

... Mag^a. Brigitta Slavik, Mag^a. Margarete Klein und Susanna Eichberger und für das Korrekturlesen meiner Arbeit und für viele hilfreiche Tipps.

...die 10in2-Gruppe (Willi Katz, Liliane Bauer, Erwin Haas, Irene Wollner und Erhard Steiner) für die mentale Unterstützung und die aufbauenden Worte.

...Familie Hansi für den Einblick in den Babykarottenanbau im Marchfeld und die praxisgetreuen Erläuterungen.

Ich widme diese Diplomarbeit meiner Familie, meinem Patenkind Sebastian und seiner Zwillingschwester Miriam Klein.

I Inhaltsverzeichnis

I	Inhaltsverzeichnis.....	I
II	Abbildungsverzeichnis.....	III
III	Tabellenverzeichnis.....	V
IV	Abkürzungsverzeichnis	VI
1	Einführung.....	1
1.1	Einleitung.....	1
1.2	Fragestellungen.....	2
2	Botanik der <i>Apiaceae</i>	3
2.1	Systematik und Verbreitung.....	3
2.1.1	Systematik	3
2.1.2	Verbreitung und Lebensformen	4
2.2	Morphologische Charakteristika der <i>Apiaceae</i>	5
2.2.1	Blütenstand, Blüte und Spaltfrucht.....	5
2.2.1.1	Blütenstand.....	5
2.2.1.2	Blüte.....	6
2.2.1.3	Frucht.....	7
2.2.2	Cormus: Sprossachse, Blatt und Wurzel	8
2.2.2.1	Sprossachse	8
2.2.2.2	Blatt.....	9
2.2.2.3	Wurzel.....	10
2.3	Sekundärstoffe der <i>Apiaceae</i>	12
2.3.1	Ätherisches Öl	12
2.3.1.1	Terpene.....	12
2.3.1.1.1	Terpene der Karottenwurzel.....	14
2.3.1.1.2	Terpene der Petersilienwurzel.....	15
2.3.1.1.3	Terpene der Pastinakwurzel.....	17
2.3.1.2	Phenylpropanoide.....	18
2.3.2	Fur(an)ocumarine	22
2.3.2.1	Fur(an)ocumarine in Karotte, Petersilie und Pastinak.....	27
2.3.3	Polyacetylene	29
3	Bedeutung und Inhaltsstoffe ausgewählter <i>Apiaceae</i>	32
3.1	Karotte – <i>Daucus carota</i> L.	32
3.1.1	Karotte - Vorkommen und Anbau	32
3.1.1.1	Vorkommen	32
3.1.1.2	Anbau.....	33
3.1.2	Karotte - Kulturgeschichte der Nutzung	34
3.1.3	Karotte - Inhaltsstoffe und Bedeutung in der Humanernährung.....	38
3.1.3.1	Primärstoffe der Karottenwurzel	39
3.1.3.2	Sekundärstoffe in der Wurzel von <i>Daucus carota</i>	41
3.1.3.2.1	Vitamine der Karottenwurzel	41
3.1.3.2.2	Ätherisches Öl der Karottenwurzel	45
3.1.3.2.3	Fur(an)ocumarine der Karottenwurzel.....	46
3.1.3.2.4	Polyacetylene der Karottenwurzel.....	47

3.1.3.3	Bedeutung in der Humanernährung.....	48
3.2	Wurzelpetersilie – <i>Petroselinum crispum</i> (Mill.) Nym.....	50
3.2.1	Wurzelpetersilie - Vorkommen und Anbau	50
3.2.1.1	Vorkommen	50
3.2.1.2	Anbau	51
3.2.2	Wurzelpetersilie - Kulturgeschichte der Nutzung	52
3.2.3	Wurzelpetersilie - Inhaltsstoffe und Bedeutung in der Humanernährung	54
3.2.3.1	Primärstoffe der Petersilienwurzel	54
3.2.3.2	Sekundärstoffe der Petersilienwurzel.....	55
3.2.3.2.1	Vitamine der Petersilienwurzel.....	55
3.2.3.2.2	Ätherisches Öl der Petersilienwurzel	56
3.2.3.2.3	Fur(an)ocumarine der Petersilienwurzel	59
3.2.3.2.4	Polyacetylene der Petersilienwurzel	59
3.2.3.3	Bedeutung in der Humanernährung.....	60
3.3	Pastinak – <i>Pastinaca sativa</i> L.....	62
3.3.1	Pastinak - Vorkommen und Anbau	62
3.3.1.1	Vorkommen	62
3.3.1.2	Anbau	63
3.3.2	Pastinak - Kulturgeschichte der Nutzung.....	64
3.3.3	Pastinak - Inhaltsstoffe und Bedeutung in der Humanernährung....	67
3.3.3.1	Primärstoffe der Pastinakwurzel	67
3.3.3.2	Sekundärstoffe der Pastinakwurzel.....	68
3.3.3.2.1	Vitamine der Pastinakwurzel.....	68
3.3.3.2.2	Ätherisches Öl der Pastinakwurzel	69
3.3.3.2.3	Fur(an)ocumarine der Pastinakwurzel	69
3.3.3.2.4	Polyacetylene der Pastinakwurzel	71
3.3.3.3	Bedeutung in der Humanernährung.....	71
4	Schlussbetrachtung.....	73
5	Zusammenfassung.....	79
6	Summary.....	80
7	Literaturverzeichnis	81
8	Lebenslauf.....	96

II **Abbildungsverzeichnis**

Abb. 1: Verbreitung der <i>Apiaceae</i> [Stevens, 2001 onwards].....	4
Abb. 2: Blütenstand Dolde [Privatarchiv Berger, 2012].....	5
Abb. 3: Blütenstand Doppeldolde [Privatarchiv Berger, 2012]	5
Abb. 4: Involucellum von <i>Apium repens</i> [Lamiot, 2008]	5
Abb. 5: Doppeldolde von <i>Daucus carota</i> [Privatarchiv Berger, 2012]	6
Abb. 6: Fruchtende Doppeldolde von <i>Daucus carota</i> [Privatarchiv Berger, 2012]	6
Abb. 7: Frucht von <i>Foeniculum vulgare</i> [Philmarin, 2011].....	7
Abb. 8: Früchte von <i>Daucus carota</i> [Rasbak, 2010].....	7
Abb. 9: Blattscheide Wiesenpastinak [Privatarchiv Berger, 2012]	9
Abb. 10: Blatt von <i>Daucus carota</i> L. [Privatarchiv Berger, 2012]	9
Abb. 11: Querschnitt <i>Daucus carota</i> [Privatarchiv Berger, 2012].....	11
Abb. 12: Querschnitt <i>Pastinaca sativa</i> [Privatarchiv Berger, 2012].....	11
Abb. 13: Querschnitt <i>Petroselinum crispum</i> [Privatarchiv Berger, 2012].....	11
Abb. 14: Chemische Struktur der Terpene [Hänsel und Sticher, 2010].....	13
Abb. 15: Chemische Struktur von Geranylacetat [Annabel, 2007]	15
Abb. 16: Chemische Struktur von Geraniol [Ebermann und Elmadfa, 2011]	15
Abb. 17: Chemische Struktur von β -Phellandren [Ebermann und Elmadfa, 2011]	16
Abb. 18: Chemische Struktur von α - und β -Pinen [Ebermann und Elmadfa, 2011].....	17
Abb. 19: Chemische Struktur von Terpinolen [Hänsel und Sticher, 2010]	17
Abb. 20: Chemische Struktur von α -Farnesen [Mattern, 2010].....	18
Abb. 21: Chemische Struktur von β -Farnesen [Mattern, 2010]	18
Abb. 22: Chemische Struktur von Myristicin [Ebermann und Elmadfa, 2011] ...	20
Abb. 23: Chemische Struktur von Apiol [Ebermann und Elmadfa, 2011]	21
Abb. 24: Synthese von Cumarin zu Fur(an)ocumarin ausgehend von Umbelliferon [De la Rosa et al., 2010]	23
Abb. 25: Lineare und anguläre Fur(an)ocumarine [Hänsel und Sticher, 2010] .	24

Abb. 26: Chemische Struktur von Psoralen [Hänsel und Sticher, 2011]	24
Abb. 27: Chemische Struktur von Umbelliferon [Alcibiades, 2007]	25
Abb. 28: Chemische Struktur von Oxypeucedanin [Leyo, 2010]	25
Abb. 29: Chemische Struktur von Isopimpinellin [Leyo, 2009]	26
Abb. 30: Chemische Struktur von Bergapten [Hänsel und Sticher, 2010]	26
Abb. 31: Chemische Struktur von Xanthotoxin [Hänsel und Sticher, 2010]	27
Abb. 32: Chemische Struktur ausgewählter Polyacetylene [Teuscher und Lindequist, 2010; Rawson et al., 2012]	29
Abb. 33: Wilde Karotte [Zell, 2009]	32
Abb. 34: Produzenten von Karotten und anderen Wurzelgemüsen [Anwar Saadat, 2007]	33
Abb. 35: Anbau von Karotten auf Dämmen im Marchfeld NÖ [Privatarchiv Berger, 2012]	34
Abb. 36: Pflanzenbild der Gemeinen Möhre [Dioskorides, 512]	37
Abb. 37: Chemische Struktur von Pektin [Huth und Burkard, 2004]	40
Abb. 38: Chemische Struktur ausgewählter Carotinoide [Ebermann und Elmadfa, 2011]	44
Abb. 39: Wurzelpetersilie [Hagenlocher, 2005]	51
Abb. 40: Illustration <i>Petroselinum crispum</i> [Thomé, 1885]	53
Abb. 41: Wiesen-Pastinak am Straßenrand im Tullnerfeld [Privatarchiv Berger, 2012]	63
Abb. 42: Geerntete Pastinaken [Goldlocki, 2004]	64
Abb. 43: Illustration <i>Pastinaca sativa</i> [Sturm, 1796]	66

III Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Systematik der Apiaceae mod. nach [Chase und Reveal, 2009]	3
Tab. 2: Terpene der Wurzeln von <i>Daucus carota</i> , <i>Petroselinum crispum</i> und <i>Pastinaca sativa</i> [Maxia et al., 2009; Bickel-Sandkötter, 2001; Kubeczka und Stahl, 1975].....	14
Tab. 3: Phenylpropanoide der Wurzeln von <i>Daucus carota</i> , <i>Petroselinum crispum</i> , <i>Pastinaca sativa</i> [Maxia et al., 2009; Bickel-Sandkötter, 2001; Kubeczka und Stahl, 1975].....	19
Tab. 4: Fur(an)ocumarine der Wurzeln von <i>Daucus carota</i> , <i>Petroselinum crispum</i> und <i>Pastinaca sativa</i> [Herde, 2005; Teuscher und Lindequist, 2010, Ebermann und Elmadfa, 2011]	22
Tab. 5: Polyacetylene der Wurzeln von <i>Daucus carota</i> , <i>Petroselinum crispum</i> und <i>Pastinaca sativa</i> [Zidorn et al., 2005; Rai et al., 2011].....	30
Tab. 6: Wildformen der heutigen Kulturkarotte [Körber-Grohne, 2001].....	35
Tab. 7: Primärstoffe von <i>Daucus carota</i> , <i>Petroselinum crispum</i> und <i>Pastinaca sativa</i> [Souci et al., 2008].....	38
Tab. 8: Vitamine von <i>Daucus carota</i> , <i>Petroselinum crispum</i> und <i>Pastinaca sativa</i> im Vergleich mit den D-A-CH-Referenzwerten [Souci et al., 2008; D-A-CH, 2008].....	42

IV **Abkürzungsverzeichnis**

Abb.	Abbildung
ATP	Adenosintriphosphat
äth.	ätherisch
bot.	botanisch
bzw.	beziehungsweise
°C	Grad Celsius
convar.	Konvarietät, Sortengruppe
d.	der
D-A-CH	Deutschland – Österreich - Schweiz
d.h.	das heißt
DMAPP	Dimethylallylpyrophosphat
DNA	Desoxyribonucleinacid
DPPH	2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil
dt.	deutsch
e.g.	example given
ELISA	Enzyme-linked Immunosorbent Assay
evtl.	eventuell
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FÄ	Folsäure-Äquivalente
g	Gramm
GC	Gaschromatographie
ha	Hektar
HPLC-DAD	high-performance liquid chromatography with diode array detection
IC	inhibitorische Konzentration
IFN- γ	Gamma-Interferon
inkl.	inklusive
IPNI	International Plant Names Index
k.A.	keine Angaben

k.M.	keine Messungen
kcal	Kilokalorien
kg	Kilogramm
KG	Körpergewicht
L.	Linné, Carl von (schwedischer Naturforscher)
l	Liter
m	Meter
mg	Milligramm
Mill.	Miller, Philip (englischer Botaniker)
mod.	modifiziert
NÄ	Niacin-Äquivalente
n. Chr.	nach Christus
ng	Nanogramm
NÖ	Niederösterreich
PBMC	peripheral blood mononuclear cells
PUVA	Psoralen plus UV-A
RÄ	Retinol-Äquivalente
ssp.	Subspezies
t	Tonne
Tab.	Tabelle
TÄ	Tocopherol-Äquivalente
TGW	Trockengewicht
TNF	Tumornekrosefaktor
u.a.	unter anderem
UV	Ultraviolett
var.	Varietät
v. Chr.	vor Christus
z. B.	zum Beispiel
µg	Mikrogramm
µM	Mikromol

1 Einführung

1.1 Einleitung

Kulturpflanzen unterscheiden sich von Wildpflanzen u.a. durch die Größenzunahme von Früchten und vegetativen Pflanzenteilen und den Verlust an Sekundärstoffen, die dem Fraßschutz dienen (Alkaloide, Glukoside u.a.) [Brücher, 1977].

Seit Jahrtausenden ernährt sich der Mensch von Pflanzen. Vor der Sesshaftwerdung waren dies die Wildformen unserer heutigen Kulturpflanzen. Durch Ausprobieren und Beobachtungen lernte der Homo sapiens Gift- von Genusspflanzen zu unterscheiden. Mit dem Ende des Nomadenseins in der Mittelsteinzeit, ca. 8000-4500 vor unserer Zeitrechnung entwickelte sich der Ackerbau und somit die Kultivierung von essbaren Pflanzen. Der Prozess der Entwicklung von der Wild- zur Kulturpflanze begann.

Obst und Gemüse liefern die für den menschlichen Organismus wichtigen Vitamine, Mineralstoffe u.a. sekundäre Pflanzenstoffe wie z.B. ätherische Öle. Unser tägliches Gemüse ist jedoch nicht nur Nährstofflieferant. Die speziellen Sekundärstoffe finden ihre Anwendung in der Naturheilkunde und sind Grundbausteine vieler Medikamente bzw. Teil von Therapien der Schulmedizin [Storl und Pfyl, 2006].

Zur Familie der *Apiaceae* (Doldenblütler) zählen viele unserer heutigen Nutzpflanzen. *Daucus carota* (Karotte), *Petroselinum crispum* (Petersilie) und *Pastinaca sativa* (Pastinak), die als Gemüse, Gewürz verwendet werden, sind Gegenstand dieser Arbeit. Diese drei Pflanzen haben große Bedeutung in der Humanernährung und auch in der Phytotherapie. Ihr ernährungsphysiologischer Nutzen sowie die heilenden Effekte sind aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken.

Ihre Verwendung und ihre gesundheitliche Wirkungen sind bereits seit Jahrhunderten bekannt. Früher waren es Hexen und andere heilkundige Menschen, die sich mit den Funktionen der Pflanzen beschäftigten und die ersten Erkenntnisse gewonnen haben. In der heutigen Zeit befassen sich Ernährungswissenschaft, Phytopharmazie und Medizin damit. Viele der Entdeckungen der damaligen Zeit sind noch immer im Brennpunkt des Interesses und Grundstein bzw. Ausgangspunkt für rezente Forschung.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit nachfolgend angeführten Fragestellungen.

1.2 Fragestellungen

- Was sind die morphologischen und chemischen Besonderheiten der *Apiaceae*?
- Aus welchen Wildformen sind Karotte, Petersilie und Pastinak entstanden?
- Wie werden die Kulturformen angebaut?
- Welche Inhaltsstoffe besitzen Karotte, Petersilie und Pastinak?
- Wie wirken diese Inhaltsstoffe auf den menschlichen Körper und welche Bedeutung haben sie in der Humanernährung?

2 Botanik der *Apiaceae*

2.1 Systematik und Verbreitung

2.1.1 Systematik

Die Familie der *Apiaceae* (Doldenblütler) zählt zur Ordnung der *Apiales* (Doldenblütlerartige) und umfasst 434 Gattungen und mehr als 3780 Arten [Judd et al., 2008]. Nach modernen taxonomischen Konzepten werden die *Apiales* in sieben Familien gegliedert, wobei die drei wichtigsten die *Apiaceae*, *Araliaceae* und *Pittosporaceae* sind [Chase und Reveal, 2009]. Da die Beziehungen zwischen den Familien nach wie vor unklar sind, ist die Abgrenzung von *Apiaceae* und *Araliaceae* nach wie vor umstritten [Bremer et al., 2003]. Die *Apiaceae* werden in die drei Unterfamilien *Hydrocotyloideae*, *Saniculoidae* und *Apioidae* eingeteilt [Judd et al., 2008].

Klasse	<i>Eudicotylidoneae</i>
Unterklasse	<i>Asteridae</i> <i>Euasteridae II</i>
Ordnung	<i>Apiales</i>
Familie	<i>Apiaceae</i>
Unterfamilie	<i>Apioidae</i>

Tab. 1: Systematik der *Apiaceae* mod. nach [Chase und Reveal, 2009]

Der alte Name der *Apiaceae*, *Umbelliferae*, leitet sich von der lateinischen Bezeichnung „*umbella*“ für den typischen Blütenstand der Pflanzen ab und bedeutet „Dolde“ [Baltisberger, 1997].

Pflanzen der *Apiaceae*, die als Nahrungsmittel verwendet werden, haben einen hohen Gehalt an Primärstoffen und dieser ist ausschlaggebend für ihre ernährungsphysiologische Qualität. Sie sind für Aufbau und Wachstum lebenswichtige Bestandteile. Zu ihnen zählen Proteine, Fette und Kohlenhydrate [Lieberei und Reisdorff, 2007].

2.1.2 Verbreitung und Lebensformen

Die Doldenblütler sind weltweit verbreitet (Abb. 1). Der Schwerpunkt ihres Vorkommens liegt in den nördlichen, gemäßigten Zonen. In den Tropen bevorzugen sie die montanen Höhenstufen [Stevens, 2001].

Die *Apiaceae* besiedeln Steppen, Sümpfe, Wiesen und Wälder. In den zentralasiatischen Steppen kann man bis zu mehrere Meter hohe Stauden, zum Beispiel *Ferula communis*, finden [Bresinsky et al., 2008].

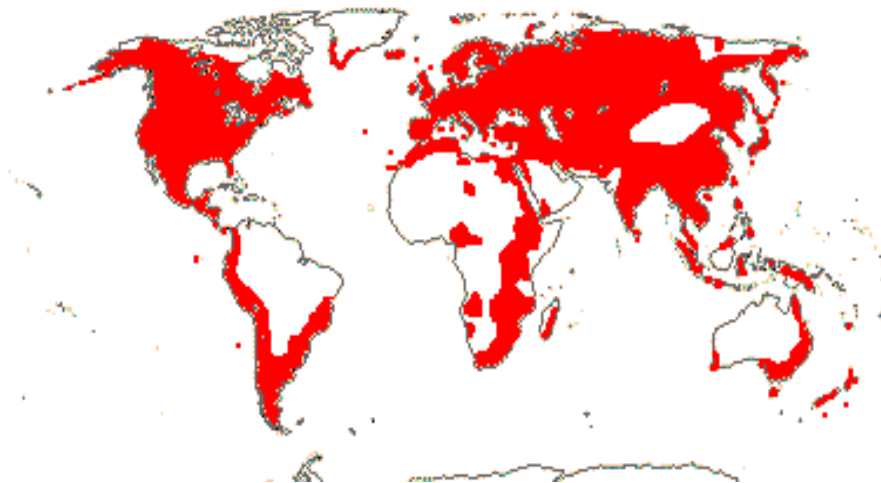


Abb. 1: Verbreitung der *Apiaceae* [Stevens, 2001 onwards]

Die *Apiaceae* umfassen die unterschiedlichsten Lebensformen. Dazu zählen vor allem Kräuter und Sträucher, aber auch Polsterpflanzen wie Yareta (*Azorella compacta*). Die typischen Sekundärstoffe (z.B. ätherisches Öl) der *Apiaceae* bedingt deren Verwendung als Nutzpflanzen. Als Gewürz- und Heilpflanzen werden z. B. Koriander (*Coriandrum sativum*) oder Liebstöckel (*Levisticum officinale*) verwendet [Bresinsky et al., 2008]. Zu den Gemüsepflanzen der *Apiaceae* zählen etwa Sellerie (*Apium graveolens*), Karotte (*Daucus carota*), Petersilie (*Petroselinum crispum*), Pastinak (*Pastinaca sativa*) oder Fenchel (*Foeniculum vulgare*) [Simpson, 2010].

2.2 Morphologische Charakteristika der Apiaceae

2.2.1 Blütenstand, Blüte und Spaltfrucht

2.2.1.1 Blütenstand

Der Blütenstand der *Apiaceae* ist eine Doppeldolde, einfache Dolden wie bei *Astrantia major* sind seltener. Unter einer Dolde versteht man einen Blütenstand, bei welchem die verlängerten Blütenstiele von einem Punkt ausgehen (Abb. 2). Bei einer Doppeldolde verzweigen sich die Dolden erneut. Man spricht von Dolden zweiter Ordnung oder von Döldchen (Abb. 3) [Fischer et al., 2008].

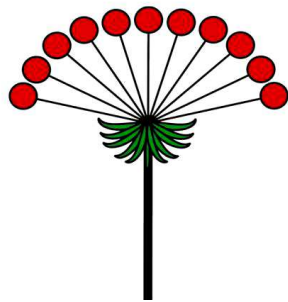


Abb. 2: Blütenstand Dolde [Privatarchiv Berger, 2012]

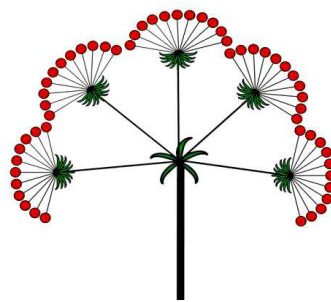


Abb. 3: Blütenstand Doppeldolde [Privatarchiv Berger, 2012]

Der Blütenstand der *Apiaceae* ist von speziellen Hochblättern umgeben. Diese werden bei einfachen Dolden als Involucrum und bei den Döldchen als Involucellum bezeichnet (Abb. 4) [Fischer et al., 2008].



Abb. 4: Involucellum von *Apium repens* [Lamiot, 2008]

2.2.1.2 Blüte

Die Blüten der *Apiaceae* sind radiär symmetrisch und pentamer (fünzfählig). Der Aufbau der Blüte kann mit folgender Blütenformel beschrieben werden:

$$\star K_{5-0} C_5 A_5 \overline{G_{(2)}} \text{ [Simpson, 2010].}$$

Die *Apiaceae* besitzen fünf kleine, meist reduzierte Kelchblätter (Sepalen). Die fünf Kronblätter (Petalen) sind im Gegensatz zu den Kelchblättern auffällig gefärbt und freiblättrig [Fischer et al., 2008]. Die Farbe der Kronblätter kann weiß (*Daucus carota*), gelb (*Pastinaca sativa*) oder rosa (*Pimpinella major*) sein. Die Petalen zeigen eine nach innen gebogene Spitze [Bresinsky et al., 2008].

Die Doldenblütler besitzen fünf freie Staubblätter (Stamina), welche in der Knospe gekrümmt sind. Das Gynoeceum besteht aus zwei Karpellen, ist synkarp und unterständig. Die beiden Griffel sitzen einem meist scheibenförmigen bis kegelförmigen Griffelpolster (Stylopodium oder Diskus) auf. Das Stylopodium dient als Nektarium. Die *Apiaceae* besitzen in ihren beiden Fruchtknotenfächern zwei hängende anatrophe Samenanlagen, wobei eine davon jedoch sehr früh verkümmert [Bresinsky et al., 2008, Herde, 2005, Fischer et al., 2008].



Abb. 5: Doppeldolde von *Daucus carota* [Privatarchiv Berger, 2012]



Abb. 6: Fruchtende Doppeldolde von *Daucus carota* [Privatarchiv Berger, 2012]

2.2.1.3 Frucht

Die Frucht der *Apiaceae* ist eine zweiteilige Spaltfrucht, man nennt sie auch Doppelachäne. Sie zerfällt bei der Fruchtreife in zwei einsamige Teilfrüchte (Achänen), welche an einem gegabelten Fruchttträger (Karpophor) befestigt sind. Die Form der Früchte kann zylindrisch (*Foeniculum vulgare*, Abb. 7), kugelig (*Coriandrum sativum*) oder doppelkugelig (*Bifora radians*) sein [Bresinsky et al. 2008].

Die Teilfrüchte haben fünf Längsrippen bzw. Hauptrippen mit Gefäßbündeln. Zwischen den Rippen liegen sogenannte Tälchen (*Valleculae*). In den Wänden dieser Tälchen befinden sich dunkle, schizogene Ölgänge. Manche Tälchen der Teilfrüchte besitzen artspezifische Nebenrippen wie typisch für *Daucus carota*. Diese hat als weitere Besonderheit Stacheln auf den Nebenrippen (Abb. 8). Im Samen befindet sich ein sehr kleiner Embryo in einem fett- und proteinhaltigen Endosperm. Die Testa (Samenschale) ist mit der Fruchtwand verklebt [Bresinsky et al., 2008, Herde, 2005, Fischer et al., 2008].



Abb. 7: Frucht von *Foeniculum vulgare* [Philmarin, 2011]



Abb. 8: Früchte von *Daucus carota* [Rasbak, 2010]

Wie bereits auf Seite 4 erwähnt, werden die Früchte der Doldenblütler, wegen ihrer Sekundärstoffe als Gewürz aber auch in der Homöopathie und Phytotherapie verwendet. Dies gilt etwa für die Fruchtgewürze Kümmel (*Carum carvi*), Koriander (*Coriandrum sativum*), Fenchel (*Foeniculum vulgare* ssp. *vulgare* var. *dulce*) und Anis (*Pimpinella anisum*) [Weberling, 2000].

2.2.2 Cormus: Sprossachse, Blatt und Wurzel

Zur Familie der *Apiaceae* gehören neben ein- bis zweijährigen, vorwiegend ausdauernde krautige Pflanzen. Eine zweijährige Pflanze bildet im ersten Lebensjahr nach der Keimung nur rein vegetative Pflanzenteile wie Wurzeln und Blattwerk aus. In der zweiten Vegetationsperiode entwickeln sich die Blüten und Früchte mit Samen. Nach der Fruchtreife stirbt die Pflanze ab. Da die im ersten Jahr gespeicherten Nährstoffe im zweiten Jahr für die Blütenbildung verwendet werden, ist die Nutzung der Wurzel (Rübe) nur im ersten Jahr sinnvoll. Karotte, Pastinak und Petersilie sind zweijährige Pflanzen.

Im Gegensatz dazu benötigen einjährige Pflanzen von der Keimung des Samens über die Entstehung der gesamten Pflanze, inklusive Blüte und Befruchtung bis zur Fruchtreife, nur eine Vegetationsperiode [Bresinsky et al., 2008].

2.2.2.1 Sprossachse

Die Sprossachse ist bei den meisten Arten der Doldenblütler hohl, gerillt und besitzt Exkretgänge, in denen sich ätherisches Öl befindet [Frohne und Jensen, 1998]. Sie ist in Nodien (Blattansatzstellen) und Internodien (Bereiche zwischen den Blattansatzstellen) gegliedert. Bei Internodienstauchung bleibt das Längenwachstum aus. Durch diese Stauchung des Sprosses oder eines Sprossabschnittes entsteht eine basale Blattrosette, die aus dicht übereinander folgenden Laubblättern (mind. zwei) bestehen. Es wird zwischen Voll- und Halbrosettenpflanzen unterschieden. Halbrosettenpflanzen, wie z. B. die Petersilie, Karotte oder der Pastinak bilden zunächst eine Grundrosette. In diesem Stadium entwickelt sich oft ein Speicherorgan (Rübe), in dem Reservestoffe gespeichert werden. Erst danach bringt die Pflanze einen beblätterten Stängel mit terminalem Blütenstand hervor. Vollrosettenpflanzen sind Pflanzen mit Grundrosette, die zeitlebens erhalten bleibt, und einem Schaft. Der Schaft entspringt der Grundrosette, kann Hochblätter tragen, jedoch keine Laubblätter, oder völlig blattlos sein. Er endet mit einem Blütenstand oder mit einzelnen Blüten [Fischer et al., 2008].

2.2.2.2 Blatt

Die Beblätterung ist wechselständig, die Laubblätter der *Apiaceae* sind Fiederblätter und besitzen meist eine deutliche stängelumfassende Blattscheide (Abb. 9) [Fischer et al., 2008].



Abb. 9: Blattscheide Wiesenpastinak [Privatarchiv Berger, 2012]

Die Blattspreiten können ein- bis mehrfachgefiedert oder fiederteilig sein (Abb. 10). Ungeteilte Blattspreiten kommen seltener vor (*Bupleurum fruticosum* L.) [Fischer et al., 2008].



Abb. 10: Blatt von *Daucus carota* L. [Privatarchiv Berger, 2012]

2.2.2.3 Wurzel

Die Wurzel ist eines der drei Grundorgane des Cormus. Sie verankert die Pflanze im Boden, nimmt Wasser und Nährstoffe auf und dient der Speicherung von Nährstoffen. Das Charakteristische an der Wurzel ist die endogene Verzweigung bei Bildung der Seitenwurzeln, das Fehlen seitlicher Anhangsorgane (Blätter), der Besitz einer Wurzelhaube und eines zentralen (radialen) Leitbündels [Kull, 2005]. Die Primärwurzel entsteht aus der Keimwurzel (Radicula) und muss nicht die Hauptwurzel (dominierende Wurzel der erwachsenen Pflanze) sein [Fischer et al., 2008].

Beim Bewurzelungstyp einer Pflanze wird zwischen Allorhizie und Homorhizie unterschieden. Die Allorhizie beschreibt den Bewurzelungstyp der dicotylen Pflanzen. Dabei wächst der Wurzelpol direkt zur senkrechten Hauptwurzel aus und entwickelt sich stärker als die horizontalen Seitenwurzeln. Ist das Hauptwurzelwachstum bei Vergrößerung des Wurzelsystems gefördert, so spricht man von einer Pfahlwurzel. Im Gegensatz zur Allorhizie besteht der homorhizide Bewurzelungstyp aus zahlreichen, gleichrangigen und ähnlich gestalteten Wurzeln und ist typisch für Farne und monocotyle Pflanzen [Kull, 2005]. Die Rübe ist ein Speicherorgan und kommt nur bei allorhiz bewurzelten zweikeimblättrigen Pflanzen vor. An ihrer Entwicklung sind zwei Pflanzenorgane, die verdickte Hauptwurzel und mit unterschiedlich großem Anteil die Sprossachse, beteiligt. Dabei wird morphologisch zwischen Wurzel- und Sprossrübe unterschieden. Aus der Verdickung der Hauptwurzel und der Beteiligung des untersten Sprossabschnittes (Hypokotyl) entsteht die Wurzelrübe [Lieberei und Reisdorff, 2007]. Als Hypokotol wird der Bereich bezeichnet, der zwischen Wurzelhals und den Keimblättern (Kotyledonen) liegt. Zu den Wurzelrüben zählen u.a. *Daucus carota*, *Petroselinum crispum* und *Pastinaca sativa* [Hoppe, 2006]. Das Hypokotyl spielt bei der Rübenbildung der *Apiaceae* eine untergeordnete Rolle [Kutschera et al., 2009]. Am Aufbau der Sprossrüben wie z.B. der Knollensellerie (*Apium graveolens* var. *rapaceum*) sind die Hauptwurzel, das Hypokotyl und darauffolgende Achsenteile beteiligt. Der Anteil des Hypokotyl überwiegt bei dieser Rübenform und ragt aus dem Boden heraus [Lieberei und Reissdorff, 2007].

Anatomisch werden die Rüben in Holz-, Bast- und Betarübe eingeteilt. Im Folgenden werden nur Holz- und Bastrübe erläutert. Bei der Holzrübe werden mehr Kambiumzellen die sich zu Xylemelementen entwickeln nach innen abgegeben als nach außen, somit ist der Holzteil größer als der Bastteil (Abb.13). Die Xylemelemente sind meist zarter als bei Holzrüben von Wildpflanzen und bleiben parenchymatisch. Eine typische Holzrübe ist die Wurzelpetersilie (*Petroselinum crispum*) [Lieberei und Reisdorff, 2007]. *Daucus carota* und *Pastinaca sativa* sind Bastrüben, bei denen das Phloemparenchym überwiegt. Die Karotte bildet das Speichergewebe durch das sekundäre Dickenwachstum, und es entsteht sehr viel sekundäre Rinde [Kull, 2005]. Die ausgereifte Wurzel des Pastinaks zeigt im Längsschnitt, dass der Hauptteil aus Phloemparenchym besteht und der zentrale Teil mit Xylemzellen besetzt ist und Stärkekörner enthält (Abb. 11 und 12). [Warning, 1934].



Abb. 11: Querschnitt *Daucus carota* [Privatarchiv Berger, 2012]



Abb. 12: Querschnitt *Pastinaca sativa* [Privatarchiv Berger, 2012]



Abb. 13: Querschnitt *Petroselinum crispum* [Privatarchiv Berger, 2012]

2.3 Sekundärstoffe der *Apiaceae*

Die *Apiaceae* enthalten in allen Pflanzenorganen typische Sekundärstoffe. Diese sind ätherisches Öl, Cumarinverbindungen, Alkaloide (Coniin in *Conium maculatum* (Schierling)), Polyacetylene und Alkylphthalide. Von diesen sind lediglich ätherisches Öl, die Fur(an)ocumarine und Polyacetylene für Karotte, Petersilie und Pastinak relevant [Frohne und Jensen, 1998]. Daher werden im Folgenden nur diese Substanzgruppen genauer besprochen. Es wird auf die chemischen Charakteristika der Sekundärstoffe von *Daucus carota*, *Petroselinum crispum* und *Pastinaca sativa* eingegangen, ihre Wirkungen auf den menschlichen Organismus werden dann im speziellen Teil dieser Arbeit in den Kapiteln 3.1.3 (Seite 38), 3.2.3 (Seite 54) und 3.3.3 (Seite 67) behandelt.

2.3.1 Ätherisches Öl

Unter dem Begriff ätherisches Öl versteht man leicht flüchtige Stoffgemische. Deren Hauptbestandteile können entweder zur Gruppe der Isoprenoide gehören (Terpene) oder dem Aminosäurestoffwechsel (Phenylpropane) entstammen.

Ätherische Öle haben lipophilen bzw. hydrophoben Charakter, d.h. sie sind u.a. in Chloroform, Benzol, Ether und Ethanol (> 90%) löslich und in Wasser nicht. Aufgrund der geringeren Dichte als Wasser bilden sie auf der Wasseroberfläche schwimmende Tropfen. Bei Raumtemperatur sind ätherische Öle flüchtig und bilden keinen bleibenden Fleck. Sie sind leicht veränderlich durch Sonnenlicht, Luftsauerstoff und Autoxidation. Durch diese Einflüsse können die ätherischen Öle ihre Farbe, Viskosität und Geruchsnote verändern. Der intensive und typische Geruch verleiht jeder Pflanze ihren Charakter [Hänsel und Sticher, 2010].

2.3.1.1 Terpene

Terpene sind Naturstoffe deren Grundkörper aus Isopreneinheiten aufgebaut ist. Die Gemeinsamkeit aller Terpene ist ihr Grundgerüst aus Isopren. Ihre Ein-

teilung erfolgt nach der Anzahl der Isopreneinheiten. Eine Basiseinheit hat immer einen Grundkörper aus fünf Kohlenstoffatomen (C_5). Man unterscheidet demnach Hemiterpene (C_5), Monoterpene (C_{10}), Sesquiterpene (C_{15}), Diterpene (C_{20}), Sesterterpene (C_{25}), Triterpene (C_{30}) und Tetraterpene (C_{40}). Besitzen Terpene mehr als acht Isopreneinheiten, so spricht man von Polyterpenen ($>C_{40}$) (Abb.14) [Teuscher und Lindequist, 2010].

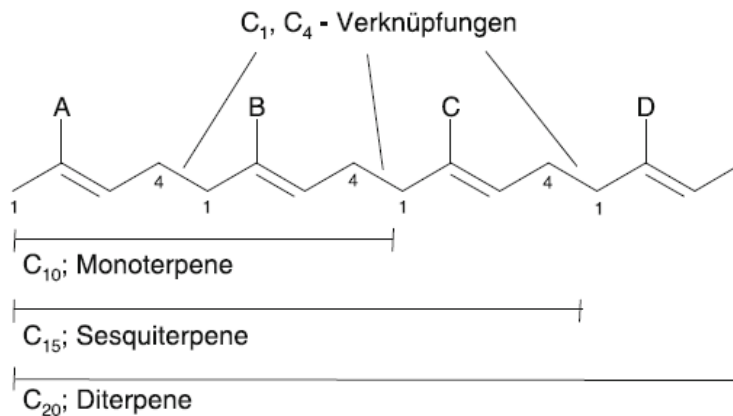


Abb. 14: Chemische Struktur der Terpene [Hänsel und Sticher, 2010]

Eine weitere Einteilung der Terpene erfolgt in acyclische-, mono-, bi-, tri- tetra- und pentacyclische Terpene, je nach Anzahl ihrer Ringe [Hänsel und Sticher, 2010].

Terpene sind in Wasser schwer lösliche Substanzen, lösen sich jedoch gut in unpolaren Lösungsmitteln wie z.B. Chloroform oder Diethylether. Mit Hilfe von Lösungsmitteln bzw. in Form von Liposomen können sie in wässrige Lösung gebracht werden. Die wasserdampf-flüchtige Eigenschaft der Mono-, Sesqui- und einiger Diterpene wird bei der Wasserdampfdestillation ausgenutzt, um Terpene aus Pflanzen zu gewinnen [Hänsel und Sticher, 2010].

In der folgenden Tabelle (Tab. 2, Seite 14) sind die bedeutendsten Terpene angeführt, die in den Wurzeln von *Daucus carota*, *Petroselinum crispum* und *Pastinaca sativa* vorkommen. Sie enthalten vorwiegend Monoterpene mit acyclischen, mono-, und bicyclischen Charakter. Eine Ausnahme bildet das im Pasti-

nak vorkommende acyclische Sesquiterpen β -Farnesen. Es ist weiters ersichtlich, dass es bei den Hauptbestandteilen im ätherischen Öl Gemeinsamkeiten zwischen den drei Pflanzen gibt. Geraniol, α -Pinen, Limonen und Terpinolen kommen nicht nur in *Daucus carota* vor, sondern auch in *Petroselinum crispum* und *Pastinaca sativa*.

Stoffgruppe	Bot. Name	Dt. Name	Hauptbestandteile im äth. Öl
Terpene	<i>Daucus carota</i>	Karotte	Geranylacetat Geraniol α -Pinen Limonen Terpinolen
	<i>Petroselinum crispum</i>	Petersilie	β -Phellandren Geraniol α - und β -Pinen
	<i>Pastinaca sativa</i>	Pastinak	β -Farnesen β -Ocimen Terpinolen Limonen

Tab. 2: Terpene der Wurzeln von *Daucus carota*, *Petroselinum crispum* und *Pastinaca sativa* [Maxia et al., 2009; Bickel-Sandkötter, 2001; Kubeczka und Stahl, 1975]

2.3.1.1.1 Terpene der Karottenwurzel

Die Früchte, Blätter und Wurzel von *Daucus carota* enthalten ätherisches Öl. Studien über die Ätherisch-Öl-Bestandteile von Karotten konzentrieren sich v.a. auf die Früchte, in denen sich der Hauptanteil an ätherischem Öl befindet. Die Blätter und Wurzeln besitzen weniger ätherisches Öl. In den Blättern und Früchten dominieren α -Pinen und Sabinen. In der Karottenwurzel sind die Hauptkomponenten Geranylacetat, Geraniol, α - und β -Pinen, α -Terpinolen, Sabinen und Limonen vorhanden. [Chizzola, 2009].

Geranylacetat und Geraniol

Geranylacetat (3,7-Dimethyl-2,6-octadienacetat) ist mit ca. 65 % eine der Hauptkomponenten des ätherischen Öls der Karotte (Abb. 15). Es ist eine farblose Flüssigkeit mit floralem bzw. fruchtigem Rosenaroma, entsteht durch die Veresterung von Geraniol mit Essigsäure und konnte in mehr als 60 verschiedenen ätherischen Ölen nachgewiesen werden [Maxia et al., 2009].

Geraniol (trans-3,7-dimethyl-2,6-octadien-1-ol) ist ein acyclisches Monoterpen (Abb. 16). Es ist Bestandteil des ätherischen Öls von Karotte, Koriander, Muskatnuss und Lorbeer [Maxia, et al. 2009]. Geraniol bzw. seine Oxidationsprodukte Geranial und Neral haben allergene Wirkung. Das Monoterpen Geraniol selbst ist ein schwaches Kontaktallergen und wird für das Allergie-Screening bei Hauterkrankungen verwendet [Hagvall et al., 2007].

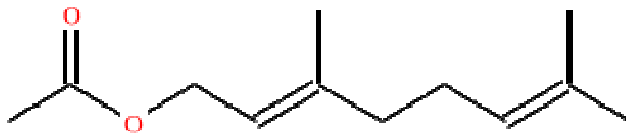


Abb. 15: Chemische Struktur von Geranylacetat [Annabel, 2007]

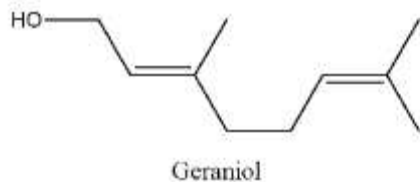


Abb. 16: Chemische Struktur von Geraniol [Ebermann und Elmadfa, 2011]

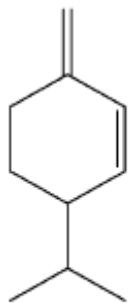
2.3.1.1.2 Terpene der Petersilienwurzel

Das ätherische Öl von *Petroselinum crispum* convar. *radicosum* ist in den Früchten, Blättern und der Wurzel enthalten, jedoch in unterschiedlichen Konzentrationen. Die Blätter enthalten 0,02-0,9 % an ätherischem Öl mit den Hauptkomponenten β -Phellandren, α - und β -Pinen, Myrcen und geringe Men-

gen an β -Farnesen. Der Hauptbestandteil des ätherischen Öls in den Früchten bilden die beiden Phenylpropanoide Myristicin und Apiol [Teuscher, 2003]. Im anschließenden Kapitel 2.3.1.2 auf Seite 18 wird darauf näher eingegangen. Wie in Tabelle 2 auf Seite 14 ersichtlich, sind die bedeutendsten ätherisch-Öl-Bestandteile der Wurzel die Monoterpene β -Phellandren, α - und β -Pinen und Geraniol [Saluplanta, 2009].

β -Phellandren

β -Phellandren ist mit 7 bis 14 % eine der Hauptkomponenten des ätherischen Öls in der Wurzelpetersilie [Teuscher, 2003]. Es zählt zu den zyklischen Monoterpenen (Abb.17), ist farblos und hat einen minzeartigen Geruch. Durch die Kombination des Sechseringes und einer konjugierten Doppelbindung wird β -Phellandren auch zu den Prohaptenen gerechnet. Haptene sind reaktive niedermolekulare Verbindungen, die durch enzymatische Aktivierung zu Prohaptene synthetisiert werden. Prohaptene können mit Hautkontakt allergische Reaktionen hervorrufen [Bergström et al., 2006].



β -Phellandren

Abb. 17: Chemische Struktur von β -Phellandren [Ebermann und Elmadfa, 2011]

α - und β -Pinen

α - und β -Pinen sind Monoterpene. Sie werden aus Geranylphosphat durch Cyclisierung von Linalool-pyrophosphat und durch Umlagerung eines Wasserstoffatoms synthetisiert (Abb. 18, Seite 17). Beide sind farblose, wenig flüchtige, leicht entzündliche Flüssigkeiten und haben einen terpentinartigen Geruch. Mit

Luftsauerstoffkontakt oxidieren beide leicht zu Verbenon, Myrtenol oder Pine-
noxid. [Petropoulos et al., 2009].

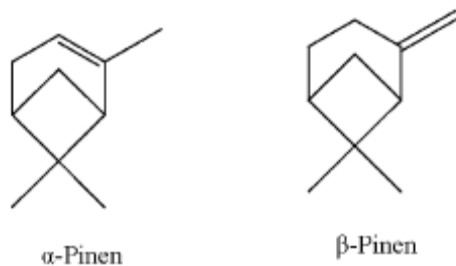


Abb. 18: Chemische Struktur von α - und β -Pinen [Ebermann und Elmadfa, 2011]

2.3.1.1.3 Terpene der Pastinakwurzel

Wie bei *Petroselinum crispum* enthalten auch alle Pflanzenteile von *Pastinaca sativa* ätherisches Öl in unterschiedlichen Mengen. In den Blättern und Früchten dominieren Farnesen, β -Ocimen und Terpinolen, in den Wurzeln ebenfalls Terpinolen und in geringeren Konzentrationen Farnesen [Kubeczka und Stahl, 1977; Saluplanta, 2009].

Terpinolen

Terpinolen (1-Methyl-4-propan-2-ylidencyclohexan) gehört zur Gruppe der Menthadiene. Darunter versteht man Terpene mit p-Menthan-Gerüst und zwei Doppelbindungen (Abb. 19). In seiner isomeren Form kommt es in ätherischen Ölen wie dem des Pastinaks vor. Im Pastinaköl ist es bis zu 55-70 % enthalten [Hänsel und Sticher, 2011; Kubeczka und Stahl, 1975].

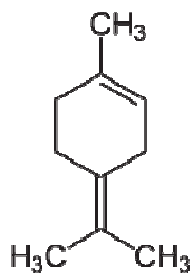


Abb. 19: Chemische Struktur von Terpinolen [Hänsel und Sticher, 2010]

Farnesen

Farnesen ist ein acyclisches Sesquiterpen, seine Isomere α -Farnesen (3,7,11-Trimethyl-1,3,6,10-dodecatetraen) und β -Farnesen (7,11-Dimethyl-3-methylen-1,6,10-dodecatrien) unterscheiden sich durch die Position der Doppelbindung am C₃ (Abb. 20 und 21). Der Anteil an Sesquiterpenen im ätherischen Öl der Pastinakwurzel ist relativ gering [Kubeczka und Stahl, 1975].

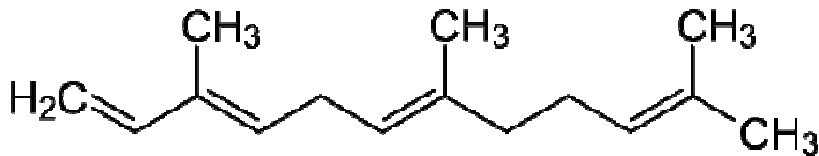


Abb. 20: Chemische Struktur von α -Farnesen [Mattern, 2010]

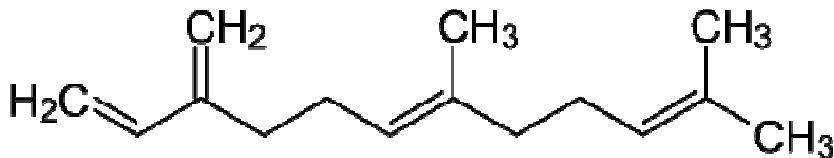


Abb. 21: Chemische Struktur von β -Farnesen [Mattern, 2010]

2.3.1.2 Phenylpropanoide

Phenylpropanoide sind chemische Verbindungen mit einem typischen Kohlenstoffgrundgerüst aus Benzol aromaten und einer Kette aus drei Kohlenstoffatomen. Am Aromaten tragen sie Hydroxy- und Methoxygruppen. Ihre Synthese erfolgt über den Shikimisäureweg mit Phenylalanin als Zwischenprodukt. Die Phenylpropanoide bilden die Mehrzahl der natürlich vorkommenden phenolischen Naturstoffe bzw. deren Vorstufe und sind neben den Terpenen die wichtigsten Ätherisch-Öl-Bestandteile. Bekannte Vertreter dieser Gruppe in der Familie der *Apiaceae* sind Apiol und Myristicin [Teuscher und Lindequist, 2010].

Aus der Tabelle 3 auf Seite 19 ist ersichtlich, dass in den Wurzeln von *Daucus carota*, *Petroselinum crispum* und *Pastinaca sativa* das Phenylpropanoid Myristicin enthalten. Sie unterscheiden sich durch die Konzentration dieses Inhaltsstoffes. Die Petersilie besitzt neben Myristicin als zweite Hauptkomponente Apiol.

Stoffgruppe	Bot. Name	Dt. Name	Hauptbestandteile im äth. Öl
Phenylpropanoide	<i>Daucus carota</i>	Karotte	Myristicin
	<i>Petroselinum crispum</i>	Petersilie	Myristicin Apiol
	<i>Pastinaca sativa</i>	Pastinak	Myristicin

Tab. 3: Phenylpropanoide der Wurzeln von *Daucus carota*, *Petroselinum crispum*, *Pastinaca sativa* [Maxia et al., 2009; Bickel-Sandkötter, 2001; Kubeczka und Stahl, 1975]

Myristicin

Myristicin (3,4-Methylenedioxy-5-methoxy-allylbenzol) (Abb. 22, Seite 20) kommt im ätherischen Öl der Muskatnuss, Muskatblüte, Karotte, Petersilie und des Pastinaks vor. Es ist eine farblose bis hellgelbe, stark würzig riechende Flüssigkeit [Teuscher und Lindequist, 2010].

Bei der Petersilie wird anhand der Ätherisch-Öl-Bestandteile in Früchten zwischen Myristicin- und Apiol-Rasse und bei den Blättern zwischen krausen und glattblättrigen Sorten unterschieden [Teuscher und Lindequist, 2010].

Die Früchte von *Petroselinum crispum* mit krausen Blättern besitzen mehr Myristicin als die glattblättrigen Sorten. Ihr Gesamtgehalt an ätherischem Öl ist hingegen mit 0,01 % geringer als im Gegensatz zu den glattblättrigen Sorten. Bei *Petroselinum crispum* convar. *radicosum* haben die Früchte Apiol als Hauptkomponente des ätherischen Öls [Katzer, 2012]. In 10 g der Myristicin-Rasse sind ca. 0,2 Myristicin enthalten, in der Apiol-Rasse 9-30%. Aus ihnen können 1-6 % ätherisches Öl gewonnen werden [Teuscher und Lindequist, 2010].

Die Petersilienwurzel enthält 5-15 % Myristicin in ihrem ätherischen Öl [Teuscher, 2003], währenddessen es in der Karotte nur eine Nebenkomponekte ist und in sehr geringe Konzentrationen vorkommt [Harborne et al., 1969]. Da Myristicin für Intoxikationen mit *Daucus carota* unbedeutend ist, wird es in der Literatur vernachlässigt.

Das Wurzelöl von *Pastinaca sativa* besitzt neben Terpenen als Hauptbestandteil Myristicin. Kubezka und Stahl haben 1975 erstmals Unterschiede zwischen kultivierten und wilden Pastinakwurzeln in Lübeck (Deutschland) betreffend den Myristicingehalt festgestellt. Wurzelöle der kultivierten Formen haben mit 40 % einen höheren Anteil an Myristicin als die Wildformen mit 17-28 % [Kubecka und Stahl, 1975]. Im Gegensatz zur Petersilie besitzen die Pastinakfrüchte, die zwar der ölreichste Pflanzenteil sind, mit 0,24 % nur sehr wenig Myristicin [Kubecka und Stahl, 1977]. Man kann daraus schließen, dass es durch die Kultivierung und der humanen Selektion zur Anhäufung dieses sekundären Inhaltsstoffes in der Wurzel gekommen ist.

Myristicin ist eine toxische Substanz. Eine erhöhte Zufuhr kann zu Vergiftungserscheinungen führen. Erste Symptome wie z.B. Kopfschmerzen oder Gastrointestinalbeschwerden können bei einer Aufnahme von 1-2 mg Myristicin/kg KG auftreten, halluzinogene Erscheinungen ab einer Aufnahme von mehr als 6 mg/kg KG [Teuscher und Lindequist, 2010].

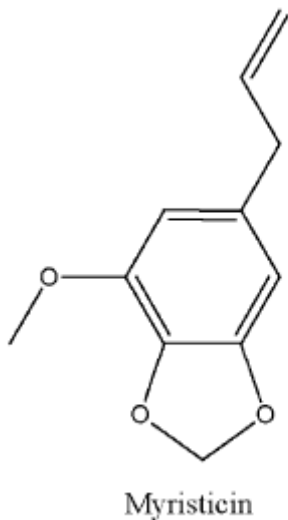


Abb. 22: Chemische Struktur von Myristicin [Ebermann und Elmadfa, 2011]

Apiol

Apiol (3,4-Methylenedioxy-2,5-dimethoxy-allylbenzol) ist ebenso wie Myristicin ein Phenylpropanoid (Abb. 23) und ein wesentlicher Bestandteil des ätherischen Öls von *Petroselinum crispum*. Es besitzt zwei Methoxygruppen in *para*-Stellung und ist sehr reaktiv. Die nach Petersilie riechende Flüssigkeit ist ein Isomer des Dillapiols [Teuscher und Lindequist, 2010].

Apiol ist in allen Pflanzenteilen der Petersilie in unterschiedlichen Konzentrationen enthalten. Das ätherische Öl der Wurzel besteht ca. aus 15 – 42 % Apiol [Teuscher, 2003]. Die Früchte der Apiol-Rasse besitzen mit 58-80 % mehr Apiol als die Myristicin-Rasse mit einem Apiolanteil von nur 0-3 % [Krist et al, 2008]. Die Petersilienblätter, besonders die der krausen Petersilie, besitzen sehr wenig Apiol und sind aufgrund dessen für Intoxikationen irrelevant [Katzner, 2012].

In hohen Dosen löst Apiol allergische Reaktionen aus und ruft Leber- und Nierenschäden hervor. Die LD_{50} bei Mäusen beträgt 1000 mg kg^{-1} bei subcutaner Verabreichung. Die Vergiftungserscheinungen zeigen sich in Form von Magen-Darmbeschwerden, Kopfschmerzen und Erhöhung der Pulsfrequenz. Krebserregende Wirkung von Apiol konnte in Humanstudien nicht festgestellt werden [Teuscher und Lindequist, 2010].

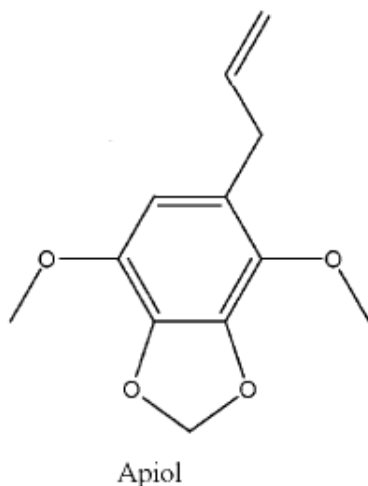


Abb. 23: Chemische Struktur von Apiol [Ebermann und Elmadfa, 2011]

2.3.2 Fur(an)ocumarine

Die *Apiaceae* stellen die Pflanzenfamilie mit dem größten Spektrum an Cumarinverbindungen dar. In den schizogenen Sekretgängen von Wurzeln und Früchten kommen speziell Furano (Furo-) - und Pyranocumarine vor. Dies gilt besonders für *Angelica*- und *Heracleum*-Arten. Die reifen Früchte der *Angelica*-Arten können bis zu 2,59 % Fur(an)ocumarine besitzen, *Heracleum*-Arten bis zu 3,28 % [Ceska et al., 1987; Wink und Van Wyk, 2008]. In Wurzelpetersilie und Pastinak sind sie ebenso enthalten wie in der Karotte, jedoch nur in Spuren. (Tab. 4) [Hänsel und Sticher, 2010].

In Tabelle 4 sind die bedeutendsten Fur(an)ocumarine der Karotte, Petersilie und des Pastinaks aufgelistet. Die angeführten Fur(an)ocumarine gehören dem linearen- oder Psoralentyp an. Bergapten und Psoralen sind in allen drei Pflanzen vertreten. Die Zusammensetzungen unterscheiden sich in den Konzentrationen der Fur(an)ocumarine. *Daucus carota* besitzt mit 1,2 µg/g den niedrigsten Anteil im Vergleich mit *Petroselinum crispum* und *Pastinaca sativa* [Ebermann und Elmadfa, 2011].

Bot. Name	Dt. Name	Fur(an)ocumarine	Gehalt in µg/g
<i>Daucus carota</i>	Karotte	Bergapten Umbelliferon Psoralen Xanthotoxin	0,3 k.A. 0,8 0,3
<i>Petroselinum crispum</i>	Wurzelpetersilie	Bergapten Isoimperatorin Isopimpinellin Oxypeucedanin Psoralen	21-2000 0-6 0,3-79 k.A. 10
<i>Pastinaca sativa</i>	Pastinak	Bergapten Xanthotoxin Imperatorin Psoralen	3,2-3800 26-1000 1700 7-10

Tab. 4: Fur(an)ocumarine der Wurzeln von *Daucus carota*, *Petroselinum crispum* und *Pastinaca sativa* [Herde, 2005; Teuscher und Lindequist, 2010, Ebermann und Elmadfa, 2011]

Chemisch gesehen sind Fur(an)ocumarine Cumarin- oder Hydroxycumarinderivate. Mit dem CumarinGrundgerüst ist ein Furanring verknüpft (Abb. 24) [Teuscher und Lindequist, 2010].

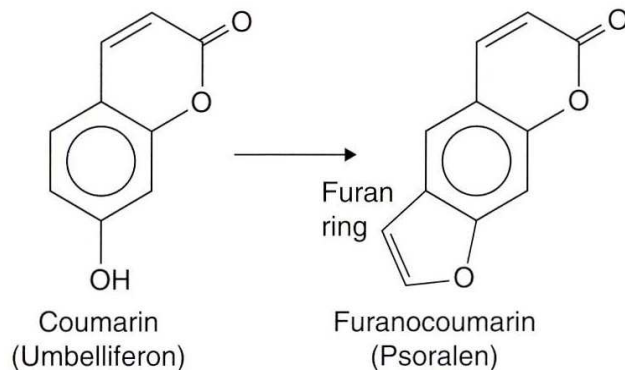
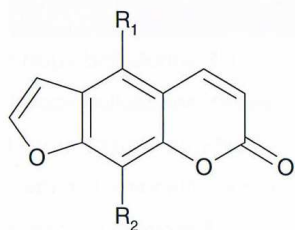


Abb. 24: Synthese von Cumarin zu Fur(an)ocumarin ausgehend von Umbelliferon [De la Rosa et al., 2010]

Ist der Furanring mit dem Cumaringerüst am C₆₋₇ verknüpft, so spricht man von linearen Fur(an)ocumarinen, erfolgt die Verknüpfung am C₇₋₈, von angulären Fur(an)ocumarinen (Abb. 25, Seite 24). Die Grundstruktur des linearen Typs ist das Psoralen, die des angulären das Angelicin. Lineare Fur(an)ocumarine unterscheiden sich von angulären durch eine höhere biologische Aktivität, eine höhere Phototoxizität und einer allgemein höheren Reaktivität. Die phototoxische Wirkung und Reaktivität der angulären Fur(an)ocumarine nimmt aufgrund der Komplexität der Alkyl- oder Alkoxy substituenten ab [Hänsel und Sticher, 2010].

linearer Typ (Psoralene):



angulärer Typ:



R ₁	R ₂	
H	H	Psoralen
H	OCH ₃	Xanthotoxin
H	OH	Xantotoxol
OCH ₃	H	Bergapten
OH	H	Bergaptol
OCH ₃	OCH ₃	Isopimpinellin
		Oxypeucedanin

R ₁	R ₂	
H	H	Angelicin
OCH ₃	H	Isobergapten
H	OCH ₃	Sphondin
OCH ₃	OCH ₃	Pimpinellin

Abb. 25: Lineare und anguläre Fur(an)ocumarine [Hänsel und Sticher, 2010]

Psoralen

Psoralen ist die Stammverbindung der linearen Fur(an)ocumarine, strukturell mit Cumarin durch Zusatz eines Furanringes verbunden und ein Derivat von Umbelliferon (Abb.26). Es stammt aus dem Shikimisäureweg [Hänsel und Sticher, 2011].

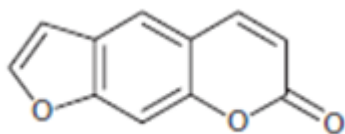


Abb. 26: Chemische Struktur von Psoralen [Hänsel und Sticher, 2011]

Umbelliferon

Umbelliferon ist ein Hydroxyl-Derivat des Cumarins (Abb. 27, Seite 25) und hat antioxidative Eigenschaften. Von seiner Konsistenz ist es ein weiß-gelblicher, kristalliner Feststoff mit guter Löslichkeit in Ethanol. Ausgehend von Umbelliferon entstehen durch Anlagerung von Isopren, Katalyse einer Transferase und

Ringschluss lineare Fur(an)ocumarine vom Psoralentyp [Teuscher und Lindquist, 2010].

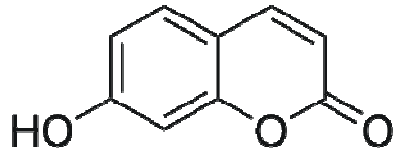


Abb. 27: Chemische Struktur von Umbelliferon [Alcibiades, 2007]

Oxypeucedanin

Oxypeucedanin, ein lineares Fur(an)ocumarin des Psoralentyps, besitzt an C5-Stelle eine oxygenierte und prenylierte Seitenkette (Abb. 28). Eine Studie, durchgeführt an der Universität Mohaghegh im Iran zeigt, dass Oxypeucedanin große cytotoxische Aktivität in Hela-Zellen (Epithelzellen eines Zervixkarzinoms) hat. Dieser Effekt wurde bei einer Konzentration von mehr als 100 µg/ml nachgewiesen. Auch in der Therapie gegen Melanome und Prostatakarzinome ist es effektiv. Ein hoher Konsum von oxypeucedaninreichem Gemüse könnte mit Krebsprophylaxe in Verbindung gebracht werden [Razavi et al., 2010].

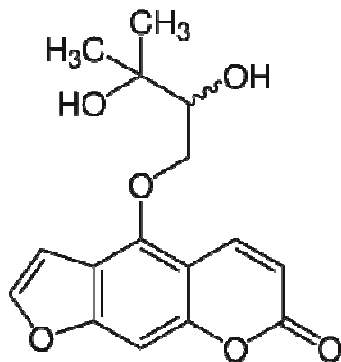


Abb. 28: Chemische Struktur von Oxypeucedanin [Leyo, 2010]

Isopimpinellin

Isopimpinellin gehört wie das Oxypeucedanin zum linearen Psoralentyp. In seinen beiden Seitenketten in R₁- und R₂-Stellung besitzt es je eine OCH₃-Gruppe (Abb.29, Seite 26) [Hänsel und Sticher, 2011]. Es wird durch Addition von Dimethylallylpyrophosphat (DMAPP) aus dem Mevalonmetabolismus syntheti-

siert. Studien an Mäusen mit Brustkrebs haben antikanzerogene Wirkung von Isopimpinellin festgestellt, indem es 7,12-Dimethylbenz(a)anthracen, das ist ein krebserzeugender Immunsuppressor, blockiert [Prince et al., 2006].

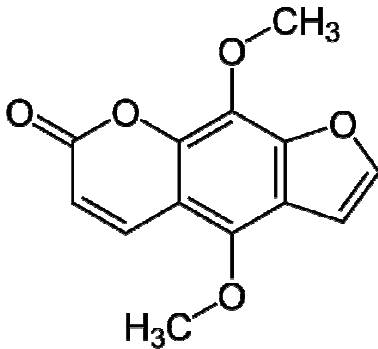


Abb. 29: Chemische Struktur von Isopimpinellin [Leyo, 2009]

Bergapten

Bergapten ist ein lineares Fur(an)ocoumarin, gehört dem Psoralentyp an und trägt an den Seitenketten in R₁-Position eine OCH₃-Gruppe und in R₂-Position eine Wasserstoffgruppe (Abb.30) [Hänsel und Sticher, 2011].

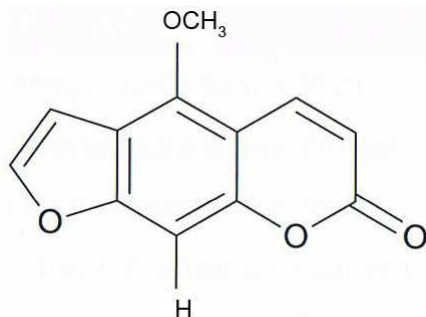


Abb. 30: Chemische Struktur von Bergapten [Hänsel und Sticher, 2010]

Erprobt wurde Bergapten als Wirkstoff gegen Multiple Sklerose und in der Therapie gegen die Hauterkrankung Vitiligo, da es die Melaninproduktion verbessert. Obwohl die toxischen Effekte bestens bekannt sind und auch bereits dokumentiert wurden, ist es noch nicht klar, welche Rolle es im Zusammenhang beider Erkrankungen spielt und ob eine vermehrte Zufuhr von fur(an)ocoumarinreichem Gemüse hilfreich ist. Dazu sind noch ausführlichere

Studien notwendig, um diesen Einsatz zu untermauern. Bis dahin wird auf Therapien mit verwandten Substanzen ausgewichen [Barreto da Silva et al., 2009].

Xanthotoxin

Xanthotoxin, auch Ammoidin, 8-Methoxypsoralen oder Methoxalen genannt, ist ein charakteristisches Fur(an)ocumarin der *Apiaceae*. Es zählt wie Bergapten zum linearen oder Psoralentyp dieser Naturstoffgruppe und trägt als Substituenten Wasserstoff und eine OCH₃-Gruppe (Abb.31) [Hänsel und Sticher, 2010]. Xanthotoxin ist weiß oder cremefarben, hat kristalline Struktur, ist geruchlos und wird in der Dermatologie angewendet. Die Pastinakwurzel kann bis zu 1000 µg/g Xanthotoxin enthalten. Bei Patienten mit Bluthochdruck und Leberproblemen besteht durch eine erhöhte Zufuhr die Gefahr an Entzündungen oder irreparablen Haut- und Leberschäden zu erkranken [Eisenbrand, 2007].

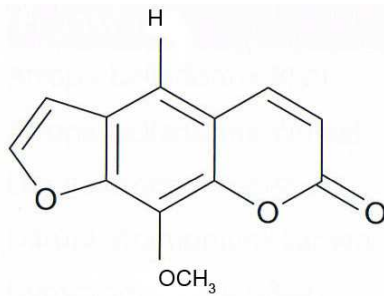


Abb. 31: Chemische Struktur von Xanthotoxin [Hänsel und Sticher, 2010]

2.3.2.1 Fur(an)ocumarine in Karotte, Petersilie und Pastinak

Die Fur(an)ocumarine, besonders vom linearen Typ, haben phototoxische Wirkung. Unter Einwirkung von UV-Licht und Hautkontakt mit der Pflanze (z.B. *Heracleum giganteum*, aber auch *Pastinaca sativa*) werden die Fur(an)ocumarine photoaktiviert. Der Pflanzensaft kann durch die Sonnenlichteinwirkung auf der Haut zu Entzündungen mit Verbrennungserscheinungen, Rötung und Blasenbildung führen. Das Krankheitsbild wird auch Photo- bzw. Wiesendermatitis genannt, ist jedoch durch lokale Therapie heilbar [Teuscher und Lindequist, 2010]. Lineare Fur(an)ocumarine können krebserregend wirken. Durch die Einwirkung der UV-Strahlen gehen die Fur(an)ocumarine mit den Pyrimidinbasen der DNA

kovalente Bindungen ein, die Folge sind irreversible Vernetzungen der DNA-Doppelstränge. Die Fur(an)ocumarine haben immunsuppressive Effekte, dadurch hemmen sie die mitogen-induzierte Lymphozytenproliferation, die Apoptoseinduktion von Lymphozyten und erhöhen die Interleukinrezeptorenexpression. Özçelik et al. hat 2004 in einer Studie am Institut für Pharmazeutische Mikrobiologie der Universität Ankara (Türkei) festgestellt, dass die Fur(an)ocumarine von *Daucus carota*, *Petroselinum crispum* und *Pastinaca sativa* antibakterielle und antifungale Wirkungen aufweisen. Aufgrund dieser Funktionen werden einige Fur(an)ocumarine, wie z.B. Psoralen und Bergapten, in der Humanmedizin für dermatologische Therapien eingesetzt [Özçelik et al., 2004].

Fur(an)ocumarine kommen in *Daucus carota* zwar vor, jedoch nur in geringen Konzentrationen (Tab.4). Zu nennen sind hierbei Bergapten, Psoralen und Umbelliferon. Die chemischen Eigenschaften der letzten beiden sind auf Seite 24 beschrieben. Kommt es zu einer Pilzinfektion der Karotte, steigt der Gehalt an Fur(an)ocumarinen allerdings stark an. Dieser Gehalt ist abhängig von der Kultivierung und den Lagerbedingungen. Um eine Infektion zu vermeiden, sollte Gemüse der *Apiaceae* nicht länger als drei Wochen gelagert werden [Eisenbrand, 2007]. Bei zu langer Lagerung können sich neben Fur(an)ocumarinen auch Isocumarine (3-Methyl-6-methoxy-8-hydroxy-3,4-dihydroisocoumarin) bilden, welche zu bitterem Geschmack führen [Ebermann und Elmadfa, 2011]. Fur(an)ocumarine werden beim Kochen nicht zerstört [Teuscher und Lindequist, 2010]

Die Hauptkomponente der Fur(an)ocumarine in der Wurzel von *Petroselinum crispum* ist mit 0,1 % Oxypeucedanin, weitere sind u.a. Isopimpinellin, Imperatorin, und Bergapten. Die chemischen Eigenschaften von Oxypeucedanin und Isopimpinellin sind auf Seite 25 erläutert. Die Blätter sind mit 0,2 % etwas coumarinreicher als die Wurzel, die Fur(an)ocumarine sind jedoch dieselben. [Perroutka et al., 2007]. Aufgrund dieser niedrigen Konzentrationen in den Blättern und der Wurzel kommt den Fur(an)ocumarinen von *Petroselinum crispum* bezüglich einer Intoxikation wenig Bedeutung zu.

Pastinaca sativa und seine phototoxischen Fur(an)ocumarine Bergapten (Seite 26), Xanthotoxin (Seite 27), Psoralen und Imperatorin können durch Hautkontakt und gleichzeitiger UV-Strahlung die sogenannte „Wiesendermatitis“ verursachen. Wie bereits auf Seite 27 erklärt, äußert sich diese Hauterkrankung mit Rötung und Blasenbildung. Charakteristisch ist die Bildung eines „Pflanzenabdruckes“, meistens ringförmig, auf der Haut [Teuscher und Lindequist, 2010; Hänsel und Sticher, 2011].

2.3.3 Polyacetylene

Polyacetylene (Polyine) sind aliphatische, unverzweigte, biogene Kohlenwasserstoffe mit einer oder mehreren $C\equiv C$ -Gruppierungen (Abb. 32). Zu den Polyinen zählen auch Verbindungen, die durch Addition von Sauerstoff oder Schwefel an der Dreifachbindung oder durch Cyclisierung entstehen. Sie sind oxidationsempfindlich und wenig stabil. Das bedeutet, dass sie beim Kochen zerstört werden [Teuscher und Lindequist, 2010].

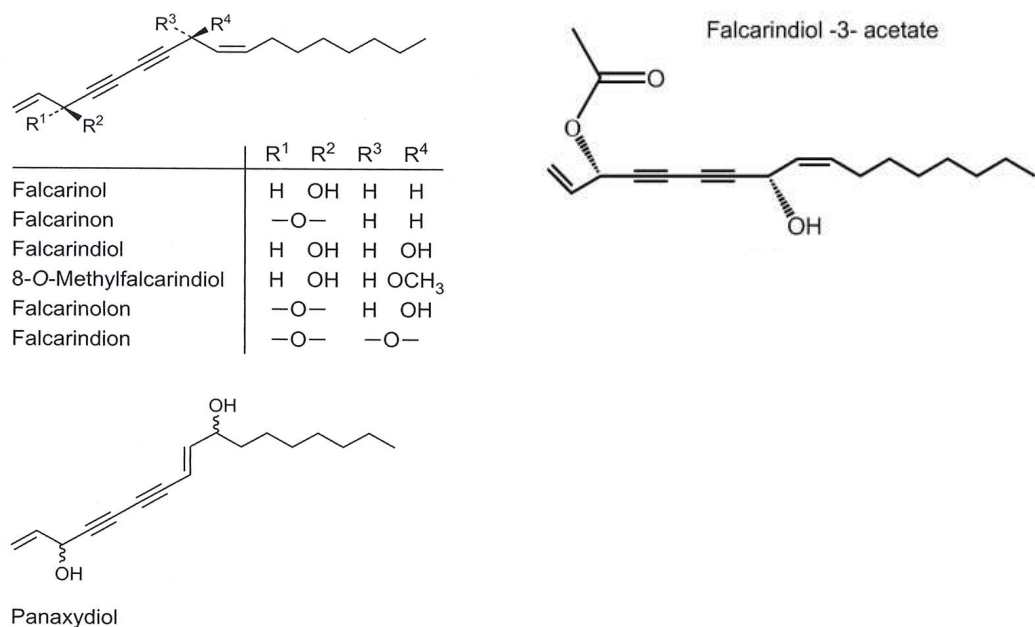


Abb. 32: Chemische Struktur ausgewählter Polyacetylene [Teuscher und Lindequist, 2010; Rawson et al., 2012]

Beispiele für diese Verbindungen sind in Tabelle 5 angeführt. Sie kommen in den unterirdischen Pflanzenorganen von *Daucus carota*, *Pastinaca sativa* und *Petroselinum crispum* vor. Allen drei Pflanzen ist gemeinsam, dass sie Falcarindiol beinhalten. Neben Falcarindiol besitzt die Petersilienwurzel 8-O-Methylfalcarindiol und Panaxydiol. Falcarindiol-3-acetat kommt nur in der Karotte vor. Falcarinol ist Bestandteil der Karotte sowie des Pastinaks. Mengemäßig ist der Pastinak und mit Abstand die Petersilie führend.

Pflanze	Polyacetylene	Menge in mg/100g TGW
<i>Daucus carota</i>	Falcarinol, Falcarindiol, Falcarindiol-3-acetat	50
<i>Petroselinum crispum</i>	Falcarindiol, 8-O-Methylfalcarindiol, Panaxydiol	280
<i>Pastinaca sativa</i>	Falcarinol, Falcarindiol	700

Tab. 5: Polyacetylene der Wurzeln von *Daucus carota*, *Petroselinum crispum* und *Pastinaca sativa* [Zidorn et al., 2005; Rai et al., 2011]

Die Polyacetylene der *Apiaceae* wirken hochtoxisch, indem sie im Zentralnervensystem auf die Medulla oblongata, das Atem- und Vasomotorenzentrum einwirken. Sie bewirken eine Lähmung des Großhirns und aller lebenswichtigen Zentren. Unbehandelt führt eine Vergiftung zum Tod [Zidorn et al., 2005].

Neben den toxischen Eigenschaften können Polyacetylene auch nützliche Auswirkungen haben. Falcarinol und Falcarindiol fungieren z.B. als natürliche Pestizide gegen Pilze bei Konzentrationen zwischen 20 und 200 µg/ml. [Rai et al., 2011]. Die Pflanzen synthetisieren diesen Naturstoff als Schutzstoff gegen Krankheitserreger und Schädlinge [Roman et al., 2011].

Weiters sind sie Inhibitoren einer Reihe von Enzymen wie z.B. der Diacylglycerolacyltransferase, Stickoxidsynthase sowie mikrosomaler und mitochondrialer Enzyme. In-vitro-Experimente zeigten, dass einige Polyacetylene antiallergische und entzündungshemmende Aktivität aufweisen. Darüber hinaus hat sich

gezeigt, dass sie zytotoxisch auf leukämische Krebszelllinien und gastrische Adenomkarzinome wirken [Zidorn et al., 2005; Roman et al, 2011].

Der medizinische Einsatz von reinen Polyacetylenen ist nicht durchführbar, da es aufgrund ihrer chemischen Instabilität zu allergischen Reaktionen kommen könnte. Eine dosisabhängige biphasische Wirkung von Falcarinol aus Karotten auf Epithelzellen wurde festgestellt. Niedrige Konzentrationen stimulieren das Wachstum dieser Zellen, höhere Konzentrationen hatten eine Hemmwirkung. Dies steht im Einklang mit der Annahme, dass bioaktive Sekundärmetabolite einer obst- und gemüsereichen Ernährung positive Effekte gegen Krebs und Herz-Kreislauf-Erkrankungen haben. Zidorn et al. führte dazu 2005 eine Studie an der Universität Innsbruck durch, in der er durch die Isolierung und Struktur- aufklärung von Polyacetylenen aus Gemüse der *Apiaceae* ihre cytotoxische Aktivität und chemopräventive Wirkung in menschlichen Krebszellen feststellen wollte. Die Polyacetylene wurden mit Hilfe von HPLC-DAD (high-performance liquid chromatography with diode array detection) isoliert und die Zytotoxizität gegen fünf verschiedene Krebszelllinien mittels Apoptosedetektion untersucht. Falcarinol erwies sich als die aktivste Verbindung mit einer ausgeprägten Toxizität gegen akut lymphatische Leukämiezellen mit einer IC_{50} von 3,5 $\mu\text{mol/l}$. Mit dem Konsum von Karotten, Petersilie oder Pastinak werden geringe Konzentrationen von Polyacetylenen aufgenommen. Ob diesen eine präventive Wirkung gegen Herz-Kreislauf- oder Krebserkrankungen zukommt bedarf es jedoch weiterer Forschung [Zidorn et al., 2005].

3 Bedeutung und Inhaltsstoffe ausgewählter *Apiaceae*

3.1 Karotte – *Daucus carota* L.

Nach Weihe [1972] ist die Nomenklatur von *Daucus carota* L. wie folgt:

- *Daucus carota* L. ssp. *carota* Wilde Möhre
- *Daucus carota* L. ssp. *sativus* (Hoffm.) Garten-Möhre
- *Daucus carota* L. ssp. *sativus* (Hoffm.) var. *longus* Alef. Lange Möhre
- *Daucus carota* L. ssp. *sativus* (Hoffm.) var. *curtus* Karotte

Wegen der besseren Lesbarkeit des Textes wird der wissenschaftliche Name der Karotte *Daucus carota* im Folgenden ohne die Autoren angegeben.

3.1.1 Karotte - Vorkommen und Anbau

3.1.1.1 Vorkommen

Die Wilde Karotte *Daucus carota* L. ssp. *carota* (Abb. 33) ist in Europa, Nordafrika und Kleinasien weit verbreitet. Sie wächst in subozeanischen, subkontinentalen sowie subtropischen Gebieten. In den nördlichen Klimazonen findet man sie bis ca. 1.800 m Seehöhe [Fischer, 2007].



Abb. 33: Wilde Karotte [Zell, 2009]

Die Kulturkarotte *Daucus carota* L. ssp. *sativus* gehört zu den Weltwirtschaftspflanzen. Hauptanbaugebiete weltweit sind China, USA und Usbekistan. In Europa konzentriert sich der Anbau auf Polen, Großbritannien, Frankreich, Italien und die Niederlande (Abb.34) [FAO, 2010]. In Österreich wurden im Jahr 2011 ca. 109.044 t Karotten geerntet [Statistik Austria, 2012].

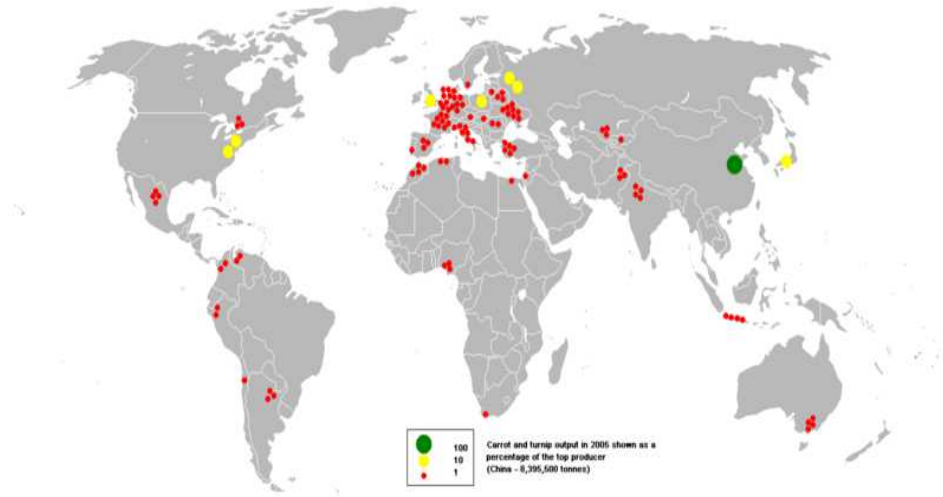


Abb. 34: Produzenten von Karotten und anderen Wurzelgemüsen [Anwar Saadat, 2007]

3.1.1.2 Anbau

Der Anbau von Kulturkarotten erfolgt von den gemäßigten bis in die subtropischen Klimazonen, wobei die besten Erträge in den gemäßigten Breiten zu finden sind. Optimale Keimtemperaturen liegen bei 4-5 °C. Die Karotte verträgt zwar schwache Fröste, aber keine Hitze oder Trockenheit [Keller et al., 1999].

Daucus carota L. ssp. *sativus* benötigt für ein gesundes Wachstum tiefgründige, steinfreie Sand- oder sandige Lehmböden mit guter Wasserhaltekapazität und Partikelstruktur, sowie ausreichender Nährstoffversorgung mit Stickstoff, P_2O_5 (Phosphorpentoxid) und K_2O (Kaliumoxid) [Rubatzky, 1999; Pelzmann, 2004].

Angebaut werden die Fröhsorten im Februar bis März, die Spätsorten von April bis Juni. Die Hauptwachstumsperiode ist von Mitte Juli bis Mitte September. In

dieser Zeit ist die Pflanze besonders wasserbedürftig [Keller et al., 1999]. Die Ernte der Fröhsorten ist demnach von Juli bis August und die der Spätsorten von September bis November [Pelzmann, 2004].



Abb. 35: Anbau von Karotten auf Dämmen im Marchfeld NÖ [Privatarchiv Berger, 2012]

3.1.2 Karotte - Kulturgeschichte der Nutzung

Der Ursprung von *Daucus carota* ssp. *sativus* ist bis heute unbekannt. Zwar wurden Früchte der Karotte in Abfällen steinzeitlicher Pfahlbauten am Bodensee gefunden, jedoch konnten diese nicht eindeutig der Kulturkarotte zugeordnet werden. Die Früchte dürften vielmehr von der in Mitteleuropa heimischen Wilden Karotte (*Daucus carota* L. ssp. *carota*) stammen [Storl und Pfyl, 2006]. Die ältesten Aufzeichnungen über die Nutzung der Wilden Karotte, sowie über die ersten kultivierten Formen, stammen aus Griechenland. Bereits 60 n. Chr. hat Dioskorides die Pflanze „staphylinos“ benannt und beschreibt das Aussehen von Blüten und Wurzel (Abb. 35, Seite 37) [Körber-Grohne, 2001]. Zu medizinischen Zwecken wurden alle Pflanzenteile genutzt. Die zerstampften Blätter trug man zusammen mit Honig auf krebsige Geschwüre auf, die Samen soll-

ten in Form eines Tees bei Menstruationsbeschwerden und Fruchtbarkeitsproblemen helfen, und die gesottene Wurzel wurde gegen Bisse von Schlangen und anderen giftigen Tieren eingesetzt [Storl und Pfyl, 2006].

Die Römer führten als erste die Bezeichnung „*carota*“ für die Karotte ein. Sowohl Griechen wie auch Römer nutzten die Karotte auch kulinarisch. Unterschiedliche Namensbezeichnungen in der Antike (*astaphylinos*, *staphylinos*, *carota*, *pastinaca*, *daukos*) erschweren die eindeutige Zuordnung von Wild- und Kulturform, sowie die Abgrenzung zu anderen Gemüsearten wie etwa dem Pastinak (*Pastinaca sativa*). Es wird angenommen, dass man in der Antike die Wildkarotte, welche wie bereits erwähnt als Heilpflanze verwendet wurde, „*astaphylinos*“ nannte. Der Grieche Diokles (340-260 v.Chr.) beschrieb im Unterschied dazu die „*carota*“ als „eine große, wohlbeleibte Möhre, die besser schmeckt und verdaulicher ist als die *astaphylinos*“ [Körber-Grohne, 2001]:

Die Wildformen der Kulturkarotte sind von Zentralasien bis Europa verbreitet. Dabei wird drei Unterarten für die Entstehung der Kulturkarotte besondere Bedeutung beigemessen (Tab. 6). *Daucus carota* ssp. *carota*, unsere heimische Wildkarotte, ist der Vorläufer der uns bekannten Kulturkarotte *Daucus carota* L. *sativa* [Körber-Grohne, 2001].

Bot. Name	Verbreitung	Wurzelfarbe
<i>Daucus carota</i> ssp. <i>carota</i>	Vorderasien und Mitteleuropa	weiß
<i>Daucus carota</i> ssp. <i>atrorubus</i>	Vorder- bis Zentralasien, Indien	violett-rot, gelb
<i>Daucus carota</i> ssp. <i>maximus</i> („Riesenmöhre“)	Mittelmeerraum, Vorderasien	weiß

Tab. 6: Wildformen der heutigen Kulturkarotte [Körber-Grohne, 2001]

Der Mittelpunkt der Kultivierung liegt in Zentralasien (Nordindien, Tadschikistan, Afghanistan). Islamische Schriftsteller haben im 10. Jahrhundert n. Chr. die Karotten aus ihrer Umgebung als „rote Typen mit feinem und saftigem Geschmack“ beschrieben. Die dunklen Rüben sind im Gegensatz zu den uns bekannten Formen nur einjährig und ihre langen, kegeligen Wurzeln sind ver-

zweigt. Die Pflanzen besitzen behaarte grau-grüne Blätter, werden im Winter angebaut und aufgrund ihrer Farbe als „Anthocyan-Karotte“ bezeichnet [Simmonds, 1976; Körber-Grohne, 2001].

Alle Karotten die vor und während des 16. Jahrhunderts in Nord-West-Europa angebaut wurden, waren violett oder gelb und hatten eine lange kegelige Form. Die dunklen Arten waren sehr beliebt, da sie milden Geschmack hatten. Ein großer Nachteil war, dass sie aufgrund des Anthocyans Suppen und Soßen eine unansehnliche, braune Farbe verliehen. Durch diesen Umstand gewannen die gelben und orangenen Karotten mehr an Ansehen. Die orangefarbenen Rüben wurden erstmals in Kräuterbüchern des 16. Jahrhunderts in den Niederlanden erwähnt. Dort dürften sie aus weißen oder gelben Karotten entstanden sein. Anfang des 17. Jahrhunderts hat sich die orange Rübe, auch „Long Orange“ genannt, etabliert. Ausgehend von dieser Sorte differenzierte man drei Weitere, die „Late Half Long“- , die „Early Half Long“ und die „Early Scarlet Horn“. Diese unterschieden sich in Größe und Erntezeitpunkt. Alle heute bekannten orangenen Karotten haben sich aus diesen vier Sorten entwickelt, entweder durch einfache Selektion oder Kreuzen verschiedener Rassen [Simmonds, 1976].



Abb. 36: Pflanzenbild der Gemeinen Möhre [Dioskorides, 512]

3.1.3 Karotte - Inhaltsstoffe und Bedeutung in der Humanernährung

Im Folgenden geht es um die Rübe von *Daucus carota* L. ssp. *sativus* und deren wichtigste Primär- und Sekundärstoffe.

In Tabelle 7 sind die Primärstoffe von *Daucus carota*, *Petroselinum crispum* und *Pastinaca sativa* angeführt. Souci et al. beziehen die gemessenen Werte auf 100 g essbarem Anteil, reale Portionsgrößen sind 150 – 200 g.

	Menge in 100 g essbarem Anteil		
	Karotte	Petersilie	Pastinak
Energiegehalt	26 kcal	40 kcal	59 kcal
Primäre Inhaltsstoffe (Makronährstoffe)			
Wasser	88,2 g	83,9 g	77,5 g
Protein (N x 6,25)	0,98 g	2,88 g	1,31 g
Fett	0,20 g	0,47 g	0,43 g
Kohlenhydrate exkl. Ballaststoffe	4,80 g	6,05 g	12,1 g
Ballaststoffe gesamt	3,63 g	4,00 g	2,13 g
wasserlösliche Ballaststoffe	1742 mg	k.A.	620 mg
wasserunlösliche Ballaststoffe	1889 mg	4000 mg	1510 mg

Tab. 7: Primärstoffe von *Daucus carota*, *Petroselinum crispum* und *Pastinaca sativa* [Souci et al., 2008]

Ein Vergleich der drei Rüben zeigt deutliche Unterschiede bezüglich des Kohlenhydrat- und Ballaststoffgehaltes, der Wassermenge und der Gesamtenergie. Der Pastinak weist einen ca. dreifach höheren Gehalt (12,1 g/100 g) an Kohlenhydraten auf als die Karotte (4,80 g/100 g) bzw. einen doppelt so hohen Gehalt als die Wurzelpetersilie (6,05 g/100 g).

Mit 4,00 g/100g essbarem Anteil ist die Wurzelpetersilie am ballaststoffreichsten.

Der Pastinak (77,5 g/100 g) enthält weniger Wasser, als die Karotte oder die Wurzelpetersilie (83,9 g/100 g). Die Karotte enthält mit 88,2 g/100g das meiste Wasser und ist mit 26 kcal/100 g am energieärmsten, Pastinak mit 59 kcal/100g hingegen am energiereichsten.

Karotte und Petersilie (40 kcal/100 g) sind energiearme Gemüsesorten, die einen geringen Anteil an Makronährstoffen haben.

3.1.3.1 Primärstoffe der Karottenwurzel

Fett und Protein

Die Karotte ist ein fett- und proteinarmes Gemüse und ist deshalb arm an Energie. Die Fett- und Proteingehalte sind mit weniger als 1 % zu gering, um zum täglichen Bedarf beizutragen [D-A-CH, 2008]. Der hohe Wassergehalt und die geringen Fett- bzw. Proteinwerte machen die Karotte zu einem kalorienarmen Gemüse [Ebermann und Elmadfa, 2011].

Kohlenhydrate

Der Kohlenhydratgehalt der Karotte ist stark abhängig von der Jahreszeit und v.a. gekennzeichnet durch die Monosaccharide Glucose (1404 mg/100 g) und Fructose (1311 mg/100 g). Aber auch das Disaccharid Saccharose (2081 mg/100 g) und das Heteropolymer Pektin kommen in nennenswerten Mengen vor. In Spuren sind Raffinose, Inosit und Mannit vorhanden [De Bettignies-Dutz, 1992; Souci et al., 2011].

Ballaststoffe

Ballaststoffe sind Bestandteile pflanzlicher Lebensmittel, die chemisch gesehen zu den Kohlenhydraten zählen und von den menschlichen Verdauungsenzymen nicht abgebaut werden können [Leitzmann et al., 2009]. Sie werden in lösliche und unlösliche Ballaststoffe eingeteilt. Wasserlösliche Ballaststoffe nennt man auch Quellstoffe, da sie eine hohe Wasseraufnahmefähigkeit besitzen. Zu ihnen gehören z.B. Pektine, Agar, Johannisbrotkernmehl und Pflanzengummi. Wasserunlösliche Ballaststoffe werden auch als Füllstoffe bezeichnet. Bekannte Vertreter der Füllstoffe sind Zellulose, Hemi-Zellulose und Lignin [Leitzmann et al., 2009]. Die pflanzlichen Zellwände bestehen aus Pektinen, Zellulose, Lignin und Hemi-Zellulosen [Sharma et al., 2012].

Pektine sind hochmolekulare, netzartige Ballaststoffe und Bestandteile der Mittellamelle und Primärwand der Pflanzenzellwand [Hänsel und Sticher, 2010]. Ihr Grundmolekül ist ein Polymer aus 1,4- α -D-Galakturonsäure, an den Seitenket-

ten befinden sich Galaktose, Arabinose, Rhamnose und Xylose (Abb. 37) [Huth und Burkard, 2004].

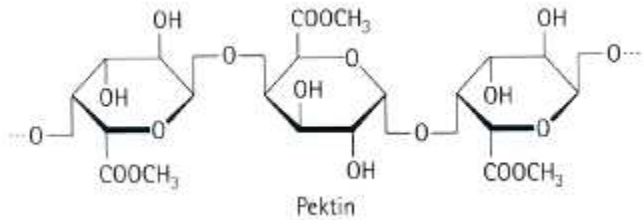


Abb. 37: Chemische Struktur von Pektin [Huth und Burkard, 2004]

Daucus carota enthält in 100 g essbarem Anteil 3,63 g Ballaststoffe, davon 1742 mg wasserlösliche und 1889 mg wasserunlösliche Ballaststoffe (Seite 38). Der Pektingehalt der Karotte beträgt ca. 1,4 % des Frischgewichts [Souci et al., 2008]. Der Ballaststoffgehalt der Karotte ist bedeutsam für die menschliche Gesundheit, da er zur Prävention von Herz-Kreislauf-Erkrankungen und verschiedenen Krebsformen beiträgt [Sharma et al., 2012]. Zudem verringern die Pektine durch ihre Quelleigenschaften die Geschwindigkeit der Magenentleerung und beeinflussen so die Dünndarmpassage positiv. Weiters wirken sie senkend auf Serumcholesterol- und Triglyceridspiegel [Dhingra et al., 2012].

Bei Verdauungsproblemen spielen die Pektine eine sehr wichtige Rolle. [Sharma et al., 2012]. Sie werden zur symptomatischen Behandlung von Diarrhoe, Gastroenteritis und leichten Ulkuserkrankungen eingesetzt [Hänsel und Sticher, 2010]. Da Pektine von den Verdauungsenzymen nicht angegriffen werden, gelangen sie unverändert in den Dickdarm. Dort adsorbieren sie durch Ionenaustausch bakterielle Toxine, bilden einen diffusionshemmenden Schutzfilm und werden zu kurzkettigen Fettsäuren abgebaut. Es entsteht eine pH-Verschiebung, die für darmfremde Mikroorganismen schädlich ist und zum Abklingen von Diarrhoen führt [Kastner et al., 2002].

Ein altes, wieder entdecktes Hausmittel gegen Durchfallerkrankungen ist die Karottensuppe nach Moro. 1908 hat sie der Kinderarzt Ernst Moro an der Kinderklinik in Heidelberg entwickelt. Die Sterbe- und Komplikationsraten infolge

Diarrhoe sanken drastisch nach Verabreichung dieser Suppe. Nicht nur in der Volksmedizin hat sich der Einsatz von wässrigen Karottenzubereitungen bis heute gehalten, sondern auch im klinischen Alltag. Der Mechanismus, der hinter der Karottensuppe steckt ist der, dass beim Kochen saure Oligogalakturonide entstehen. Diese ähneln den Rezeptoren des Darmepithels und binden an pathogene Darmkeime. Durch das Blockieren der Rezeptoren der Keime wird die Adhäsion an die Darmwand verhindert und die Erreger ausgeschieden [Kastner et al., 2002].

Die Suppe besteht aus 500 g geschälten Karotten, die in einem Liter Wasser eine Stunde gekocht werden. Die gekochten Karotten werden danach püriert, mit gekochtem Wasser auf einen Liter aufgefüllt und mit 3 g Kochsalz versetzt. Für die Verbesserung der Stuhlkonsistenz wird der Gehalt an quellenden Pektinen und Faserstoffen verantwortlich gemacht. Das zugefügte Kochsalz ist notwendig, um die verloren gegangenen Körpersalze zu ersetzen [Kastner et al., 2002].

3.1.3.2 Sekundärstoffe in der Wurzel von *Daucus carota*

3.1.3.2.1 Vitamine der Karottenwurzel

Vitamine sind organische Verbindungen, die zur Gruppe der Sekundärstoffe zählen. Sie liefern dem menschlichen Körper keine Energie, sondern sind für physiologische Funktionen notwendig [Elmadfa und Leitzmann, 2004].

In Tabelle 8 auf Seite 42 sind die wichtigsten Vitamine von *Daucus carota*, *Petroselinum crispum* und *Pastinaca sativa* angeführt und den D-A-CH-Referenzwerten gegenübergestellt. Wie bereits bei den Primärstoffen beziehen sich die ermittelten Werte von Souci et al. auf 100 g essbarem Anteil. Als reale Portionsgrößen werden Portionen mit 150 – 200 g angesehen.

	Menge in 100 g essbarem Anteil			D-A-CH
	Karotte	Petersilie	Pastinak	Referenzwerte (Angaben pro Tag für 25-65 Jährige)
Sekundäre Inhaltsstoffe (Mikronährstoffe)				
Vitamin A	1,5 mg RÄ	5,0 µg RÄ	3,3 µg RÄ	0,8-1 mg
Carotinoide gesamt	11 mg	30 µg	20 µg	k.A.
α-Carotin	3,4 mg	k.A.	k.A.	k.A.
β-Carotin	7,6 mg	30 µg	20 µg	2-4 mg
Vitamin E gesamt	513 µg TÄ	k.A.	930 µg TÄ	12-14 mg TÄ
α-Tocopherol	440 µg	k.A.	880 µg	12-14 mg
Vitamin B ₁	69 µg	100 µg	80 µg	1,0-1,2 mg
Vitamin B ₂	53 µg	86 µg	130 µg	1,2-1,4 mg
Vitamin B ₆	270 µg	230 µg	110 µg	1,2-1,5 mg
Vitamin C	7,0 mg	41 mg	18 mg	100 mg 150 mg (Raucher)
Nicotinamid (Niacin)	580 µg NÄ	2,0 mg	940 µg NÄ	13-16 mg NÄ
Pantothensäure	270 µg	k.A.	500 µg	6 mg
Folsäure	26 µg FÄ	k.A.	59 µg FÄ	400 µg FÄ

Tab. 8: Vitamine von *Daucus carota*, *Petroselinum crispum* und *Pastinaca sativa* im Vergleich mit den D-A-CH-Referenzwerten [Souci et al., 2008; D-A-CH, 2008]

Vergleicht man Karotte, Wurzelpetersilie und Pastinak miteinander, so gibt es deutliche Unterschiede im Vitamingehalt dieser Pflanzen. Der Gehalt an Retinoläquivalenten und Carotinoiden ist in Karotten am höchsten. Die D-A-CH-Gesellschaft empfiehlt 2-4 mg β-Carotin/Tag für 25-65 jährige Erwachsene. Mit 7,6 mg β-Carotin/100 g Karotten nimmt man die doppelte Menge der D-A-CH-Empfehlung zu sich und deckt somit den täglichen Bedarf. In der Wurzelpetersilie und im Pastinak ist β-Carotin hingegen nur in geringen Konzentrationen (20-30 µg/100g) enthalten.

Der Pastinak besitzt mit 930 µg/100 g Gesamt-Tocopherol-Äquivalenten und 880 µg/100 g α-Tocopherol mehr Vitamin E als die Karotte (513 µg TÄ/100 g), zählt jedoch nicht zu den Vitamin-E-reichsten Lebensmitteln. Wichtige Vitamin-E-Quellen sind pflanzliche Öle, Nüsse oder Getreidekeime [Elmadfa und Leitzmann, 2004].

Die große Gruppe der B-Vitamine ist in allen drei Wurzeln vertreten. In jeder dominiert eines dieser Vitamine: Vitamin B₁ in der Wurzelpetersilie (100 µg/100 g), B₂ im Pastinak (130 µg/100 g) und B₆ in der Karotte (270 µg/100 g). Die Mengen sind aber zu gering, um den D-A-CH-Empfehlungen gerecht zu werden.

Das wichtigste Vitamin in der Wurzelpetersilie ist das Vitamin C. Mit 41 mg/100g essbarem Anteil spielt dieses Gemüse eine wichtige Rolle in der Vitamin-C-Versorgung und deckt fast zur Hälfte den Bedarf 25-65 jähriger Erwachsener.

Mit 2,0 mg/100 g Nicacinäquivalenten ist Nicotinamid nach Vitamin C das mengenmäßig meist vorkommende Vitamin in der Wurzelpetersilie. Für die Vitamine Pantothersäure und Folsäure liegen in Souci et al.[2008] keine Datenvor. Der Pastinak besitzt ca. die doppelte Menge an Pantothersäure (500 µg/100 g) und Folsäure (59 µg/100 g) im Vergleich mit der Karotte. *Daucus carota* enthält 270 µg/100 g Pantothersäure und 26 µg/100 g Folsäure. Mit 580 µg/100 g Niacinäquivalenten in Karotte und 940 µg/100 g Niacinäquivalenten im Pastinak sind beide Wurzeln ärmer an Nicotinamid als die Wurzelpetersilie.

Carotinoide (Provitamin A)

In der Karotte kommen neben dem β-Carotin auch α- und γ-Carotin, β-Cryptoxanthin und Zeaxanthin/Lutein vor. Die Carotinoide gehören zur Naturstoffgruppe der isoprenoiden Verbindungen. Sie bestehen aus acht Isopreneinheiten und werden aufgrund ihres Aufbaues auch als Tetraterpene bezeichnet (Abb. 38, Seite 44) [Ebermann und Elmadfa, 2011].

Carotinoide werden nur von Pflanzen synthetisiert. Der Zusammenhang zwischen Carotinoiden und Vitamin A ist der, dass Carotinoide ein Provitamin sind und im Organismus in Vitamin A umgewandelt werden. In der Leberzelle bzw. in der Darmmukosazelle entsteht durch oxidative Spaltung Retinal. Durch Re-

duktion wird das eigentliche Vitamin A (Retinol) gebildet [Elmadfa und Leitzmann, 2004]. Das in der Karotte vorkommende β -Carotin ist doppelt so aktiv wie die anderen Provitamine α - und γ -Carotin und hat dadurch große Bedeutung für die Humanernährung [Schulz-Witte, 2011].

Der Bedarf an Retinol (Vitamin A) wird in Retinoläquivalenten angegeben, da die Spaltung von Carotinoiden die verfügbare Menge an Vitamin A steigern kann. 1 μg Retinoläquivalent (RÄ) entspricht 6 μg β -Carotin bzw. 12 μg anderer Carotinoide [D-A-CH, 2008].

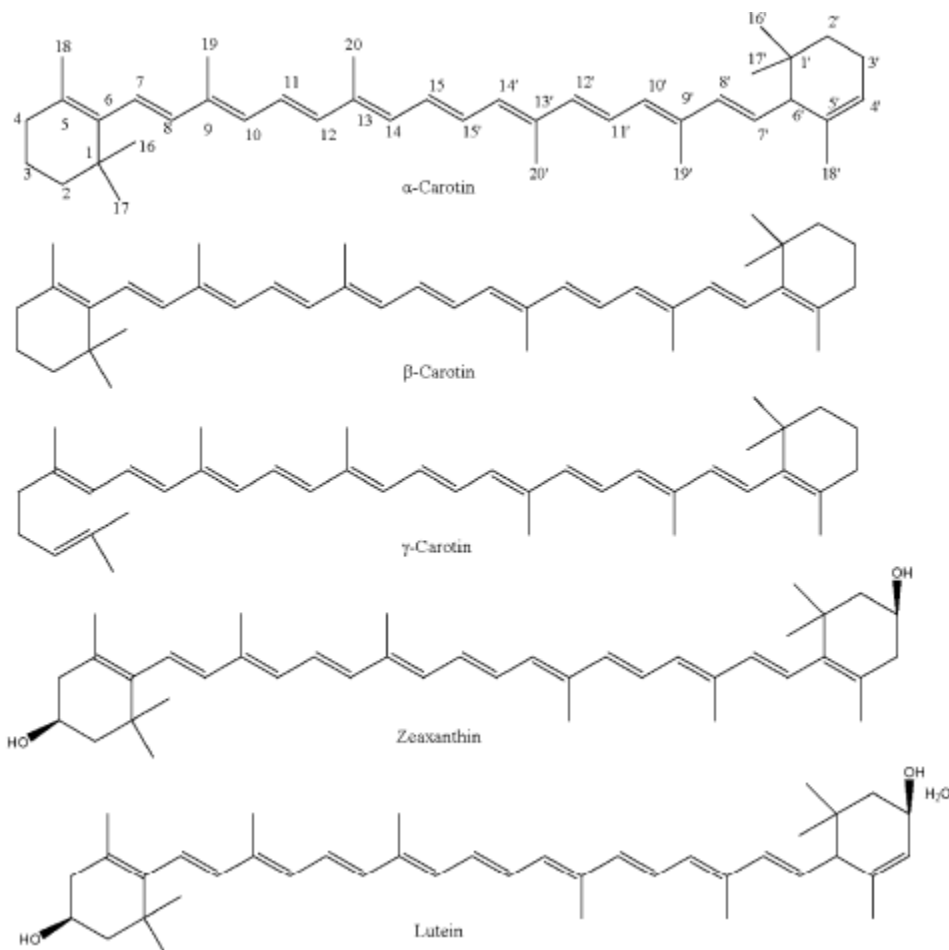


Abb. 38: Chemische Struktur ausgewählter Carotinoide [Ebermann und Elmadfa, 2011]

Gegenüber Sauerstoff, Licht und Hitze sind Carotinoide sehr empfindlich. Eine Studie in Australien hat gezeigt, dass der β -Carotin-Gehalt von rohen Karotten,

die bei 20 °C 21 Tage gelagert wurden, signifikant abgenommen hat. Der Grund dafür ist, dass die Zellwände weich werden und die Zellmembranen destabilisiert sind. Der gleiche Effekt wurde beim Kochen für 15 Minuten festgestellt [Imsic et al., 2010].

Neben der Bedeutung als Pflanzenfarbstoff haben Carotinoide auch biosynthetische Funktionen und Aufgaben zu erfüllen, wie z.B. Regulation der Genexpression, Hemmung der Monozytenadhäsion und Plättchenaktivierung.

β -Carotine fungieren als Radikalfänger und Sauerstoffquencher. Sie haben antitumogene, chemopräventive, photoprotektive und immunstärkende Eigenschaften. Eine erhöhte Zufuhr an β -Carotin durch Karotten hat Einfluss auf die Entstehung von Bluthochdruck, Osteoporose, Herz-Kreislaufkrankungen und Schlaganfällen. [Sharma et al., 2012].

Vitamin A ist weltweit gesehen neben Jod und Eisen ein Problemnährstoff v.a. in den Entwicklungsländern. Deshalb sind Strategien notwendig diesen gefährdeten Bevölkerungsgruppen zu helfen. Eine Studie mit philippinischen Schulkindern zeigte, dass eine carotinreiche Kost zusammen mit wenig Fett die Serumcarotinoide und den Vitamin A-Status verbessert. Karotten können durch ihren hohen Gehalt an Carotinoiden zu einer adäquaten Vitamin A-Versorgung beitragen [Ribaya-Mercado et al., 2007].

3.1.3.2.2 Ätherisches Öl der Karottenwurzel

Für das charakteristische Aroma und den typischen Geruch der Karotte sind ätherische Öle (Seite 12) in der Rübe, den Früchten und Blättern verantwortlich.

Aufgrund der geographischen Verteilung und der ökologischen Bedingungen, besteht eine große Variabilität der Ätherisch-Öl-Bestandteile von *Daucus carota*. Die Ätherisch-Öl-Bestandteile unterscheiden sich klar je nach Pflanzenteil. Studien über die Zusammensetzung des ätherischen Öls der Karotte betreffen v.a. das Öl der Früchte. Dazu ist eine Vielfalt von Verbindungen beschrieben

die die Monoterpene Pinen, Sabinen und Geranylacetat, den Sesquiterpenalkohol Carotol und die Phenylpropanoide Methyl-Isoeugenol und Asaron umfassen. Die Hauptbestandteile des ätherischen Öls der Doppeldolden polnischer kultivierter Karotten *Daucus carota* L. ssp. *sativus* sind die Terpene α -Pinen und Myrcen. Im ätherischen Öl der Karottenwurzel dominieren Terpene im Gegensatz zu den Phenylpropanoiden, die eine untergeordnete Rolle spielen [Chizzola, 2009].

Ein herber und öliger Geschmack ist mit erhöhtem Terpengehalt und verringertem Zuckergehalt assoziiert und umgekehrt. Großen Einfluss auf den Gehalt an ätherischem Öl in der Karotte haben das Klima, die Bodenbeschaffenheit, die Lagerung nach der Ernte und die Verarbeitung. Untersuchungen zeigten, dass die Terpenkonzentration bei vier monatiger gekühlter Lagerung von 2370 auf 10960 ng/g signifikant anstieg und ca. 58 % der Gesamtmenge an ätherischem Öl ausmachte [Kjeldsen et al., 2003]. Das bedeutet, dass der Stoffwechsel der Sekundärstoffe auch nach der Ernte sehr aktiv ist und zum charakteristischen Karottenaroma beiträgt.

Bezüglich des Myristicingehaltes in *Daucus carota* und dessen Auswirkungen ist der Literatur sehr wenig zu entnehmen. Studien haben durchaus Gehalte an Myristicin in *Daucus carota* festgestellt, jedoch in Konzentrationen von ca. 0,7 mg/kg, so dass diese kaum messbar waren [Yates und England, 1982]. Daraus kann man schließen, dass das ansonsten toxische Myristicin aus Karotten keine negativen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit haben dürfte.

3.1.3.2.3 Fur(an)ocumarine der Karottenwurzel

Lineare Fur(an)ocumarine, v.a. Psoralen, sind wie bereits auf Seite 24 beschrieben enthalten, jedoch nur in Konzentrationen bis 1,2 $\mu\text{g/g}$. In frischen Karottenwurzeln ist der Gehalt so gering, dass er nur sehr schwer mit HPLC zu messen ist. Aufgrund der niedrigen Konzentrationen haben diese Sekundärstoff-

fe keine toxischen Auswirkungen auf den Menschen [Ceska et al. 1986; Ivie et al., 1982].

Die antibakteriellen, antimykotischen, antitumoralen und spasmolytischen Aktivitäten der Fur(an)ocumarine wurden im Zuge dieser Arbeit schon einmal erwähnt (Seite 24). Özçelik et al. haben 2004 die antimikrobiellen Aktivitäten der Cumarinextrakte, u.a. von *Daucus carota*, gegen die Bakterien *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* und den Pilz *Candida albicans* untersucht. Die Pflanzen wurden in verschiedenen türkischen Regionen gesammelt, luftgetrocknet, pulverisiert und bei Raumtemperatur mit Ethanol extrahiert. Die Extrakte wurden eingedampft und Konzentrationen mit 5 % hergestellt. Durch Mikrodilutionsmethoden, welche semi-quantitative Aussagen zur Wirkung von Extrakten über minimale Hemmkonzentrationen ermöglichen, konnte antimikrobielle Aktivität der Pflanzenextrakte festgestellt werden. Die Karotte erzielte gute Ergebnisse gegen *Staphylococcus aureus* und *Bacillus subtilis*, zeigte jedoch keine Wirkung gegenüber *Candida albicans*. Ihr Einsatz in dermatologischen Therapien ist dennoch gerechtfertigt [Özçelik et al.2004].

3.1.3.2.4 Polyacetylene der Karottenwurzel

Falcarinol ist in der Wurzel gleichmäßig in den Ölgängen verteilt, währenddessen Falcarindiol und Falcarindiol-3-acetat vorwiegend in den äußeren Gewebsschichten vorkommt [Søltoft et al., 2010; Kjellenberg et al., 2010]. In den verwandten Wildformen von Karotte und Pastinak liegt der Anteil an Falcarindiol höher als der von Falcarinol [Roman et al., 2011].

Wie bereits auf Seite 29 beschrieben, sind Polyacetylene toxische Sekundärstoffe, die jedoch in geringen Mengen durchaus positive Auswirkungen haben können. Dies haben Zaini et al. 2011 am Biomedical Research Center der Universität Sheffield in Großbritannien festgestellt. In einer einzigartigen Studie lieferten sie erste Hinweise, dass Karottensaftextrakt erhebliche Auswirkungen auf

die Induktion von Apoptose und Inhibition der Zellproliferation in vier myeloiden und vier lymphoiden menschlichen Leukämiezellen hat. Die Daten in der englischen Studie deuten darauf hin, dass Karotten eine ausgezeichnete Quelle an bioaktiven Substanzen mit pharmakologisch aktiven Faktoren sind, die in geeigneter Form zur Behandlung von Leukämie beitragen könnten [Zaini et al., 2011].

In der Karottenwurzel sind Polyacetylene in erster Linie für den bitteren Geschmack verantwortlich, der bei zu langer Lagerung entstehen kann. Der Gehalt an Polyinen vom Falcarinol-Typ ist abhängig von Sorte, geographischer Lage, Lagerung und industrieller Verarbeitung. Die Studie von Kjellenberg et al. hat sich 2010 u.a. mit dem Einfluss des Erntezeitpunktes auf den Polygingehalt beschäftigt und dabei festgestellt, dass der Falcarindiolanteil in früh geernteten Karotten geringer war als der in den später geernteten Karotten [Kjellenberg et al. 2010]. 2003 untersuchten Czepa und Hofmann den Zusammenhang von Falcarindiol und Bitterkeit in frischen bzw. gelagerten Karotten. Die frischen Karotten hatten eine Falcarindiolkonzentration von 41-45 mg/kg. Die Konzentration verdoppelte sich nach einer Lagerung von fünf Tagen bei 3 °C auf ca. 87 mg/kg [Czepa und Hofmann, 2003].

Diese Daten demonstrieren klar und deutlich, dass Falcarindiol für den bitteren Geschmack verantwortlich ist. Ein Anstieg der Polyacetylenkonzentration kann bei kurzer und kühler Lagerung vermieden werden.

3.1.3.3 Bedeutung in der Humanernährung

Die Bastrübe von *Daucus carota* ist eines der beliebtesten Wurzelgemüse und hat aus gesundheitlicher Sicht große Bedeutung in der Humanernährung. Ihr weltweiter Anbau und Verbrauch bestätigt den Nutzen der Karotte.

Aufgrund der Sekundärstoffe spielt die Karotte aus ernährungsphysiologischer Sicht eine große Rolle. Mit ihrem hohen Gehalt an β -Carotin, 7,6 mg/100 g ess-

barem Anteil, ist sie eine ausgezeichnete Provitamin A-Quelle und trägt u.a. zur Besserung der Sehkraft bei. Diese wichtigen Vitamine absorbiert der Körper am besten mit etwas Fett [Elmadfa und Leitzmann, 2004; Souci et al., 2008].

Verglichen mit dem Pastinak besitzt die Karotte fast doppelt so viel wasserlösliche Ballaststoffe (Seite 38), die positiv auf das menschliche Verdauungssystem wirken. Der Einsatz der Karotte bei Durchfallerkrankungen bei Kindern und ihr leicht stopfender Effekt bestätigen dies (Kapitel 3.1.3.1 auf Seite 41).

Damit die Karotten nach der Ernte bzw. nach dem Einkauf lange frisch bleiben und es zu keinem Verlust der Inhaltstoffe kommt, bedarf es sachgerechter Lagerung. Die Karottenwurzel muss unbedingt kühl und ungewaschen aufbewahrt werden, da sonst die Falcarinolkonzentration ansteigt (Seite 48) und die Karotten einen bitteren Geschmack erhalten. Die gemeinsame Lagerung mit Äpfeln, Birnen oder Paradeisern kann die Alterung und Fäulnis der Karotten fördern, da diese sehr ethylenempfindlich sind [Keller et al., 1999].

Die Zusammensetzung von *Daucus carota* (Seite 38, 42) zeigt, dass 100 g Karotten den Tagesbedarf an Vitamin A und β -Carotin decken [Souci et al., 2008]. Der hohe Wasser- und niedrige Energiegehalt macht die Karotte besonders für die Diätküche attraktiv. Große Bedeutung haben Karotten auch in der Kleinkinderernährung. Mit der Einführung der Beikost sind Karotten das erste Lebensmittel, welches Babies erhalten. Gründe dafür sind der Vitamingehalt, der süßliche Geschmack und die leichte Verdaulichkeit [Leitzmann et al., 2009].

Karotten sind kulinarisch gesehen universell einsetzbar. Sie werden für pikante Speisen wie Suppen, Pürees, Salate und als Beilage verwendet, aber auch in Süßspeisen z.B. Torten finden sie ihre Verwendung. Als leichter Snack zwischendurch sind sie eine gesunde Alternative zu fettem und industriell hergestelltem Knabbergeback.

3.2.1.2 Anbau

Der beste Standort für *Petroselinum crispum* convar. *radicosum* ist an sonnigen oder halbschattigen Plätzen. Die Petersilie verträgt starken Frost unter Schnee, jedoch keinen Kahlfrost unter -10°C [Rubatzky et al., 1999].

Für ein optimales Wachstum bevorzugt die Wurzelpetersilie tiefgründige, aufgelockerte, kalkreiche und feuchte Böden. Staunässe und starke Bodenverdichtung sind zu vermeiden, da es sonst zu Deformierungen der Wurzel kommen kann. Sie ist mit sich selbst unverträglich und sollte nicht mehrere Jahre an derselben Stelle angebaut werden [Teuscher, 2003; Pelzmann, 2004]. Die Wurzelpetersilie wächst am besten in Gesellschaft mit der Zwiebel (*Allium cepa*). Diese gemeinsame Kultivierung fördert Wachstum und Ertrag [Blazewicz-Woźniak und Wach, 2011].

Bezüglich des Nährstoffbedarfes stellt *Petroselinum crispum* convar. *radicosum* hohe Ansprüche an die Stickstoffversorgung. Die Pflanze entzieht dem Boden ca. 10 g Stickstoff pro m^2 , deshalb ist eine Grunddüngung im Frühling notwendig [Pelzmann, 2004].

Der Anbau der Wurzelpetersilie erfolgt im März/April, die Ernte der Wurzel ab Oktober bis November. Der erste Schnitt der Blattpetersilie ist bereits im Juni möglich [Teuscher, 2003].



Abb. 39: Wurzelpetersilie [Hagenlocher, 2005]

3.2.2 Wurzelpetersilie - Kulturgeschichte der Nutzung

Über die Herkunft und Kulturgeschichte der Wurzelpetersilie ist in der Literatur leider nur sehr wenig überliefert. Nachweislich wird Petersilie seit ca. 5000 Jahren angebaut. Die erste schriftliche Erwähnung der Wurzelpetersilie findet man in der mykenisch-griechischen Linearschrift B unter dem Namen „se-ri-no“. Die Silbe „petra“, für „Stein“, wird seit der Antike verwendet. [Lawton, 2007].

Die Verbreitung erfolgte im 15. bis 16. Jahrhundert von Süd- über Westeuropa, bis hin in die tropischen Klimazonen. Die Nutzung der Petersilienwurzel war zunächst unbekannt, und es wurden nur die Blätter der Pflanze verwendet [Simmons, 1976]. Um Verwechslungen mit der giftigen Hundspetersilie (*Aethusa cynapium*) zu vermeiden, hat man vorwiegend Petersilie mit krausen Blättern gezüchtet. Wie bei vielen anderen alten Kulturpflanzen ranken sich auch um die Petersilie viele Sagen, die nicht zuletzt durch den Aberglauben vieler Menschen eine nicht geringe Verbreitung erfuhren. So wurde die Pflanze mit Tod und Auferstehung, Todesüberwindung und Sieg in Verbindung gebracht [Storl und Pfyl, 2006].

Die Blattpetersilie zählt heutzutage zu den beliebtesten Küchenkräutern. Die Wurzel findet Verwendung in Suppen, Soßen, Eintöpfen, aber auch in Salaten.



Abb. 40: Illustration *Petroselinum crispum* [Thomé, 1885]

3.2.3 Wurzelpetersilie - Inhaltsstoffe und Bedeutung in der Humanernährung

3.2.3.1 Primärstoffe der Petersilienwurzel

Fett und Protein

Wie aus Tabelle 7 auf Seite 38 ersichtlich, beträgt der Gehalt an Protein 2,88 g /100 g essbarem Anteil und der an Fett 0,47 g/100 g in der Wurzelpetersilie. Im Vergleich mit der Karotte besitzt die Wurzelpetersilie doppelt soviel Fett, ca. die dreifache Menge an Proteinen, und somit ist auch der Energiegehalt fast doppelt so hoch.

Kohlenhydrate

Der Anteil der Kohlenhydrate ist um die Hälfte geringer als bei *Pastinaca sativa*. Neben Glucose (560 mg) und Fructose (660 mg) kommt v.a. der Saccharose (4830 mg) große Bedeutung in der Wurzelpetersilie zu [Souci et al., 2008]. Der hohe Gehalt an Saccharose ist für den süßlichen Geschmack der Petersilie verantwortlich.

Ballaststoffe

Gegenüber der Karotte und dem Pastinak ist die Holzrübe der Wurzelpetersilie mit 4,00 g/100 g am ballaststoffreichsten [Souci et al., 2008]. In der verwendeten Literatur finden sich jedoch nur Angaben zu den wasserlöslichen Ballaststoffen. Ballaststoffe, besonders die wasserunlöslichen, sind zwar resistent gegen die menschlichen Verdauungsenzyme, unterstützen die Verdauung dennoch positiv, indem sie die Darmtätigkeit anregen und die Peristaltik verbessern. Die wasserlöslichen Ballaststoffe sind von den Darmbakterien abbaubar. Um diesen Effekt zu fördern ist es wichtig, dass zu einer ballaststoffreichen Kost ausreichend Flüssigkeit zugeführt wird [Dhingra et al., 2012]. Die D-A-CH-Gesellschaft empfiehlt 30 g Ballaststoffe/Tag für 25-65 jährige Erwachsene. Dieser Wert wird leider selten erreicht. Die österreichische Bevölkerung nimmt laut dem Ernährungsbericht 2008 nur 20 g/Tag auf [Elmadfa et al., 2008]. Petersilienwurzeln können in Kombination mit anderen Gemüsen und Obst einen wertvollen Beitrag zur Steigerung der Ballaststoffzufuhr leisten.

3.2.3.2 Sekundärstoffe der Petersilienwurzel

3.2.3.2.1 Vitamine der Petersilienwurzel

Vitamin C (Ascorbinsäure)

Die Wurzelpetersilie hat Bedeutung als Vitamin-C-reiches Gemüse. Mit 41 mg/100 g essbarem Anteil (Tab. 8, Seite 42) besitzt sie doppelt soviel wie die Pastinakwurzel [Souci et al., 2008]. Das meiste Vitamin C ist jedoch in den Blättern der Konvarietäten *crispum* enthalten, wobei die krause Blattpetersilie einen höheren Gehalt aufweist als die Varietät mit glatten Blättern. Die Blattpetersilie enthält 159 mg Vitamin C/100 g essbarem Anteil [Souci et al., 2008] und übertrifft die Empfehlung von 100 mg/Tag der D-A-CH-Gesellschaft. 200 g der Wurzelpetersilie erreichen diese Empfehlung auch. Man kann daraus schließen, dass die Blatt- wie auch die Wurzelpetersilie für eine Vitamin C-reiche Kost das Gemüse erster Wahl sind.

Ascorbinsäure hat antioxidative Wirkung, schützt dadurch Membranstrukturen vor freien Radikalen und ist an Hydroxylierungsreaktionen beteiligt, wie z.B. an der Noradrenalinbiosynthese oder an der Hydroxylierung von Steroidhormonen [Hänsel und Sticher, 2010].

Der Vitamin C-Gehalt in der Wurzelpetersilie ist abhängig von den Wachstums- und Lagerungsbedingungen. Niedrigere Temperaturen und minimale Niederschläge haben positiven Einfluss auf Vitamin C. Wurzelpetersilie, die länger als 30 Tage gelagert wird, verliert bis zu 25 % an Vitamin C [Matějková und Petříková, 2010].

Aufgrund der hohen Vitamin C-Gehalte hat die Wurzelpetersilie antioxidative und neutralisierende Eigenschaften. Ihre Synergisten Retinol, Tocopherol und Eisen beeinflussen die Verfügbarkeit an Ascorbinsäure positiv. Durch geeignete Kombination wird die Bioverfügbarkeit gesteigert [Wuyts, 2012].

Niacin

Ein anderes wichtiges Vitamin der Wurzelpetersilie ist das Niacin. Niacin ist der Sammelbegriff für die beiden Substanzen Nicotinsäure und deren korrespondierendes Amid Nicotinamid. Pflanzen enthalten vor allem Nicotinsäure, die vom menschlichen Organismus besser verwertet werden kann [Biesalski und Grimm, 2011].

Niacin kann aus der Aminosäure Tryptophan synthetisiert werden und wird in Niacin-Äquivalenten angegeben. Für 1 mg Niacin werden 60 mg Tryptophan benötigt. Gute Quellen sind v.a. Milch- und Fleischprodukte [Elmadfa und Leitzmann, 2004].

Petroselinum crispum ist im Vergleich zu der Karotte und dem Pastinak niacinreich. Mit immerhin 2 mg Niacin-Äquivalenten/100 g liefert die Wurzelpetersilie zur täglichen Niacinversorgung einen kleinen aber erwähnenswerten Beitrag.

3.2.3.2.2 Ätherisches Öl der Petersilienwurzel

Die Hauptkomponenten des ätherischen Öls der Petersilienwurzel sind auf den Seiten 15 und 18 angeführt. Myristicin und Apiol sind die beiden charakteristische Ätherisch-Öl-Bestandteile von *Petroselinum crispum*, deren Wirkungen in diesem Kapitel näher beschrieben werden sollen.

Myristicin

In der Volksmedizin wird Myristicin zur Behandlung von Cholera, Übelkeit, Diarrhoe und Angstzuständen verwendet [Lee und Park, 2010].

Myristicin wirkt, wie bereits auf Seite 20 erwähnt, ab einer Menge von mehr als 6 mg/kg KG toxisch. Die Vergiftung äußert sich in halluzinogenen und rauschähnlichen Zuständen, die Leber- und Nierenschäden, Schockzustände und Koma auslösen können [Teuscher und Lindequist, 2010]. Längerer Gebrauch führt zu Störungen des Zentralnervensystems und schädigt v.a. die Graue Hirnsubstanz (*Substantia grisea*). Dieser Hirnbereich ist zuständig für die Muskel-

kontrolle, Sprache, Gefühle, den Seh- und Hörvorgang und für das Erinnerungsvermögen. In Verbindung mit Alkohol ruft Myristicin tiefschlafähnliche Auswirkungen hervor [Lee et al., 2005].

Für die Medizin könnte Myristicin interessant sein, da es anticholinerge, antibakterielle und hepatoprotektive Effekte hat. Lee und Park haben 2010 in einer Studie an Mäusen herausgefunden, dass Myristicin die Glutathion-S-Transferase induziert und die Tumorgenese in der Lunge hemmt, was bedeutet, dass es chemopräventive Eigenschaften besitzt. Dazu wurden tierische Makrophagen 24 Stunden mit 10, 25 und 50 μM isoliertem Myristicin behandelt und die Fluoreszenzintensität der Zytokine im Kulturmedium mit Hilfe eines partikelbasierenden Zytokinprüfungsverfahrens gemessen. Die Messung ergab, dass ab einer Konzentration von 50 μM Myristicin die Produktion einiger Zytokine wie $\text{TNF-}\alpha$ und $\text{IL-1}\alpha$ gehemmt wird. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen dass es möglich wäre, Myristicin bei pulmonal entzündlichen Erkrankungen wie Bronchopneumonie, chronisches Asthma und Virusinfektionen einzusetzen. [Lee et al. 2005; Lee und Park, 2010]. Die antibakterielle Aktivität gegen gram-positiven und gram-negativen Bakterien wurde im Gegensatz zu den entzündungshemmenden Eigenschaften an virusinfizierten Makrophagen noch nicht vollständig erforscht [Lee und Park, 2010].

Diese Erkenntnisse basieren jedoch nur auf Tierversuchen und können nicht eins zu eins auf den Menschen übertragen werden, da Myristicin in isolierter Form toxisch wirkt. Zur Aufnahme von Myristicin aus der Wurzelpetersilie liegen noch keine Humanstudien vor.

Apiol

Im antiken Griechenland hat Hippokrates erstmals die toxische Wirkung von Apiol entdeckt, welches in Blättern und Wurzeln, v.a. aber in den Früchten von *Petroselinum crispum* vorkommt. Apiol wirkt auf die Muskulatur des Uterus anregend und kann bei Schwangeren zum Abortus führen. Diese Wirkung machten sich die Frauen im Mittelalter zu Nutze und mit dem Ergebnis, dass Apiol missbräuchlich zu Schwangerschaftsabbrüchen verwendet wurde [Storl und

Pfyl, 2006]. Die Vergiftungserscheinungen von Apiol reichen von Kopfschmerzen, Übelkeit und Erbrechen, über Nieren- und Leberschäden und Schockzuständen bis hin zum Koma [Fejes et al., 1998]. Akute Toxizität kann durch die geringen Konzentrationen in den Blättern und der Petersilienwurzel ausgeschlossen werden.

Popović et al. haben 2007 in einer Studie herausgefunden, dass die Ätherisch-Öl-Bestandteile der Wurzelpetersilie antioxidative Aktivität aufweisen. Viele synthetisch hergestellte Antioxidantien können toxische oder mutagene Nebenwirkungen haben, deshalb sind pflanzliche Sekundärstoffe den künstlichen vorzuziehen. Für die in vitro Untersuchungen wurde die Petersilienwurzel getrocknet, pulverisiert, mit 70 % Methanol extrahiert. Nach der Entfernung des Methanols mittels Vakuum evaporierung, wurde die wässrige Phase mit vier Lösungsmitteln steigender Polarität (Ether, Chloroform, Ethylacetat und *n*-Butanol) so lange extrahiert bis ein farbloser Extrakt entstanden ist. Alle fünf Extrakte sind bis zur Trockenheit eingedampft und in 50 % Ethanol gelöst worden, um 10 % Lösungen herzustellen. Die Proben aller Extrakte wurden bei einer Konzentration von 50 – 200 g/ml untersucht. Die Wirkung der Petersilienextrakte auf die Entstehung von OH-Radikalen wurde durch Überwachung des chemischen Abbaus von Desoxyribose bestimmt. Die Radikalfängerkapazität wurde durch die Messung der Fangaktivität der Extrakte auf 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil (DPPH) und OH-Radikalen ausgewertet. Das Ergebnis der Messungen zeigte eine ausdrückliche Hemmung der OH-Radikale in allen untersuchten Konzentrationen (1 %, 5 % und 10 %). Die antioxidative Aktivität der Extrakte aus den Wurzeln war dosisabhängig und v.a. die 10 %ige Lösung zeigte eine stärkere Hemmung der OH-Radikalproduktion [Popović et al., 2007].

Die Erkenntnisse dieser Studie belegen, dass das ätherische Öl von *Petroselinum crispum* positiven Nutzen für die menschliche Gesundheit besitzen könnte.

3.2.3.2.3 Fur(an)ocumarine der Petersilienwurzel

Die Konzentrationen der Fur(an)ocumarine in der Petersilienwurzel sind zu schwach um phototoxische Reaktionen auszulösen. Größere Mengen kommen in den oberirdischen Pflanzenorganen wie Blätter oder Stängel vor. Unter Stresssituationen, dazu zählen unvorteilhafte Lagerung oder Pilzbefall, kann der Fur(an)ocumaringehalt signifikant in allen Pflanzenorganen ansteigen [Teuscher und Lindequist, 2010].

Neben den toxischen Eigenschaften können Fur(an)ocumarine in niedriger Dosis antiallergisch und entzündungshemmend sein, immunsuppressive Aktivität zeigen und die Vermehrung von Bakterien, Pilzen und Viren hemmen. Um die potentiell gesundheitsfördernde Rolle der Wurzelpetersilie zu untermauern, wurden in einer taiwanesischen Studie die immunmodulierenden Wirkungen der Fur(an)ocumarine untersucht und ausgewertet. Dazu wurden frische Pflanzen aus Südtaiwan in destilliertem Wasser gekocht, filtriert, der Extrakt einreduziert und gefriergetrocknet. Die peripheren mononukleären Blutzellen (PBMC) stammten aus gespendetem Blut von Probanden. Mit Hilfe von Lymphozyten-Transformation, ELISA und Durchflusszytometrie wurde der experimentelle Teil der Studie durchgeführt. Cherng et al. haben 2008 herausgefunden, dass die Rohextrakte zwischen einer Konzentration von 50 und 200 µg/ml einen signifikanten Einfluss auf die Proliferation der peripheren mononukleären Blutzellen und auf die Sekretion des Zytokins IFN- γ haben. [Cherng et al., 2008]. Diese Studie hat gezeigt, dass nicht-toxische Konzentrationen zur Verbesserung der Lymphozytenaktivierung und zur Sekretion des Zytokins IFN- γ beitragen.

3.2.3.2.4 Polyacetylene der Petersilienwurzel

Die in der Wurzelpetersilie enthaltenen Polyacetylene, Falcarindiol, 8-O-Methylfalcarindiol und Panaxydiol, spielen eine wichtige Rolle bzgl. antimykotischer Aktivität, Neurotoxizität und allergischen Reaktionen [Christensen und Brandth, 2006]. Die Wirkung dieser Polyacetylene gegen menschliche Krebszellen, wurde bereits ausführlich auf Seite 47 erläutert.

Als antimykotisch wirksame Substanz wurde Falcarindiol in der Wurzelpetersilie nachgewiesen. Falcarindiol kann die Sporenkeimung verschiedener Pilze bei einer Konzentration von 20 bis 200 µg/ml hemmen. Es zeigt zudem entzündungs- bzw. schmerzhemmende Effekte und wirkt als Hemmer der Thrombozytenaggregation [Christensen und Brandt, 2006]. Die Neurotoxizität von Falcarindiol ist im Gegensatz zu Falcarinol, welches in *Daucus carota* und *Pastinaca sativa* vorkommt, nicht akut. Diese positiven Eigenschaften treten bereits bei nicht-toxischen Konzentrationen auf und sind somit pharmakologisch interessant.

3.2.3.3 Bedeutung in der Humanernährung

Die Verwendung der Blätter von *Petroselinum crispum* als Gewürz und zur Dekoration von Speisen ist bekannt. In der österreichischen Küche ist die Blattpetersilie das beliebteste Küchenkraut, aber auch im übrigen Europa ist es fixer Bestandteil verschiedenster Gerichte. Die Wurzel kann in roher Form in Salaten, püriert in Kartoffelpüree zur Aromatisierung oder als Gemüsebeilage gegessen werden. In Suppen wird die Wurzelpetersilie inkl. ihrer Blätter zusammen mit der Karotte, Porree und Sellerieknolle als „Suppengrün“ verwendet [Teuscher, 2003].

Um die Inhaltsstoffe lange zu erhalten, muss die Wurzelpetersilie richtig gelagert werden. Ungewaschen und bei Temperaturen unter 2 °C ist sie ca. eine Woche haltbar. Höhere Temperaturen lassen sie weich und anfällig für Fäulnis werden. Eine sehr gute Möglichkeit bietet die Lagerung in Sand, da dieser die Feuchtigkeit bindet und die Haltbarkeit bis zu einem halben Jahr verlängert [Keller et al., 1999].

Mit 41 mg Vitamin C liefern 100 g Wurzelpetersilie fast die Hälfte des Tagesbedarfs. Eine reale und optimale Portionsgröße von ca. 200 g deckt somit die empfohlene tägliche Menge von 100 mg Vitamin C für gesunde Erwachsene.

Bei diesen Empfehlungen ist zu beachten, dass Raucher einen erhöhten Bedarf an Vitamin C (150 mg) haben. Im Vergleich mit dem Pastinak besitzt *Petroselinum crispum* doppelt so viel Vitamin C. Nennenswert ist weiters ein höherer Vitamin B₁-Gehalt verglichen mit Karotte und Pastinak. Die Wurzelpetersilie ist ballaststoffreicher und enthält mehr Protein als Karotte und Pastinak (Tabelle 8, Seite 42) [Souci et al. 2008; D-A-CH, 2008].

Die Wurzelpetersilie ist ein beliebtes Wintergemüse, welches einen deutlichen Beitrag zur täglichen Vitaminzufuhr leisten kann.

3.3 Pastinak – *Pastinaca sativa* L.

3.3.1 Pastinak - Vorkommen und Anbau

Die nachfolgend verwendete Nomenklatur für den Pastinak richtet sich nach Weihe 1972. [Weihe 1972] unterscheidet bei *Pastinaca sativa* L. drei Unterarten (ssp.):

- ssp. *sativa* Pastinak
 - var. *pratensis* Wiesenpastinak
 - var. *sativa* Kulturpastinak
- ssp. *silvestris* Wilder Pastinak
- ssp. *urens* Graupastinak

Der Wiesenpastinak *Pastinaca sativa* L. ssp. *sativa* var. *pratensis* ist eine verbreitete Wildsippe. Als *Pastinaca sativa* L. ssp. *sativa* var. *sativa* wird der Kulturpastinak bezeichnet. Die Unterart *silvestris* kommt hingegen sehr selten vor.

3.3.1.1 Vorkommen

Pastinaca sativa ssp. *sativa* var. *pratensis*, die verbreitete Wildsippe des Pastinaks, findet man auf Wiesen (zusammen mit Wegwarten, Steinklee und Disteln), an Straßen- und Wegrändern und ausdauernden Ruderalflächen. Geographisch gesehen kommt der Pastinak in ganz Europa (außer in nördlichen Regionen), Kleinasien, Nordamerika, in der Karibik, bis in Höhen von ca. 1.800 m Seehöhe vor [Van Wyk, 2005; Körber-Grohne, 2001].



Abb. 41: Wiesen-Pastinak am Straßenrand im Tullnerfeld [Privatarchiv Berger, 2012]

3.3.1.2 Anbau

Der Kulturpastinak *Pastinaca sativa* L. ssp. *sativa* var. *sativa* ist bezüglich des Klimas nicht anspruchsvoll. Er bevorzugt schwere, tiefgründige, humose, lehmige und auch anmoorige Böden und duldet mehr Feuchtigkeit als etwa die Karotte *Daucus carota*. Um Staunässe zu vermeiden, wird der Kulturpastinak so wie die Karotte und die Petersilie auf Dämmen angebaut [Keller et al., 1999].

Um ein gutes Pflanzenwachstum zu garantieren, benötigt der Kulturpastinak eine Grunddüngung mit organischen (Stallmist) und evtl. auch mineralischen Düngern (Stickstoff, Phosphorpentoxid und Kaliumoxid) [Pelzmann, 2004].

Die Aussaat findet erst im März/April statt, um ein frühzeitiges Schossen durch die Kälteeinwirkung zu vermeiden. Geerntet wird ab Oktober bzw. November,

aber auch erst im Frühjahr. Letzteres benötigt jedoch ein Abdecken bzw. Einmulchen mit Stroh, Laub oder Erde [Keller et al., 1999].



Abb. 42: Geerntete Pastinaken [Goldlocki, 2004]

3.3.2 Pastinak - Kulturgeschichte der Nutzung

Pastinaca sativa ssp. *sativa* var. *pratensis* ist eine in Europa einheimische Wildpflanze, als Neophyt kommt sie auch in Neuseeland sowie in Nord- und Südamerika vor [Loos, 2012]. Die ältesten Nachweise fand man in jungsteinzeitlichen Ausgrabungen in den Schweizer Alpen. So wie bei der Karotte *Daucus carota* sind sich die Wissenschaftler auch hier uneins, ob es sich um die Wildform oder bereits um eine Kulturform handelt. Überliefert ist, dass bereits die Kelten, Germanen, Slawen und auch die Römer die Pflanze kulinarisch nutzten [Storl und Pfyl, 2006]. Der Anbau von Pastinaken im Rheingebiet wurde 42-37 v.Chr. durch den römischen Kaiser Tiberius gefördert, da dieser ein gro-

ßer Liebhaber dieser Pflanze war [Loos, 2012]. Da Pastinaken, Karotten und auch Zuckerwurzeln (*Sium sisarum*) wegen ihrer Ähnlichkeit oft verwechselt wurden, ist eine eindeutige Zuordnung aber oft nicht möglich.

Aus französischen Kulturanweisungen aus dem Jahre 1393 bzw. 1473 sowie aus den deutschen Kräuterbüchern des 16. Jahrhunderts geht hervor, dass der Kulturpastinak *Pastinaca sativa* L. ssp. *sativa* var. *sativa* angebaut wurde und das hauptsächlich in Frankreich und Großbritannien. In Großbritannien hat sich der Anbau bis heute gehalten [Loos, 2012].

Hieronymus Bock hat den Pastinak als „Pestnache“ und „Bauernkost“ beschrieben und Joachim Camerarius bildete als erster eine Pastinakpflanze mit folgender Beschreibung ab: „...es gibt zahme und wilde, mit gelblichten Blumen...die wurtzel is dick wie der Rettich, weiß, weych, wohlriechend, am Geschmack süß-lecht und etwas scharff“ [Körber-Grohne, 2001].

In der Mitte des 18. Jahrhunderts wurde das einst beliebteste Wurzelgemüse durch die Kultivierung von Kartoffel und Karotte verdrängt. Durch die ökologische Landwirtschaft in Österreich und Deutschland, die Wiederentdeckung alter Nutzpflanzen und die „Slowfood-Bewegung“ erlebt der Kulturpastinak heutzutage eine Renaissance, wird wieder häufiger angebaut und kulinarisch verwendet [Loos, 2012].

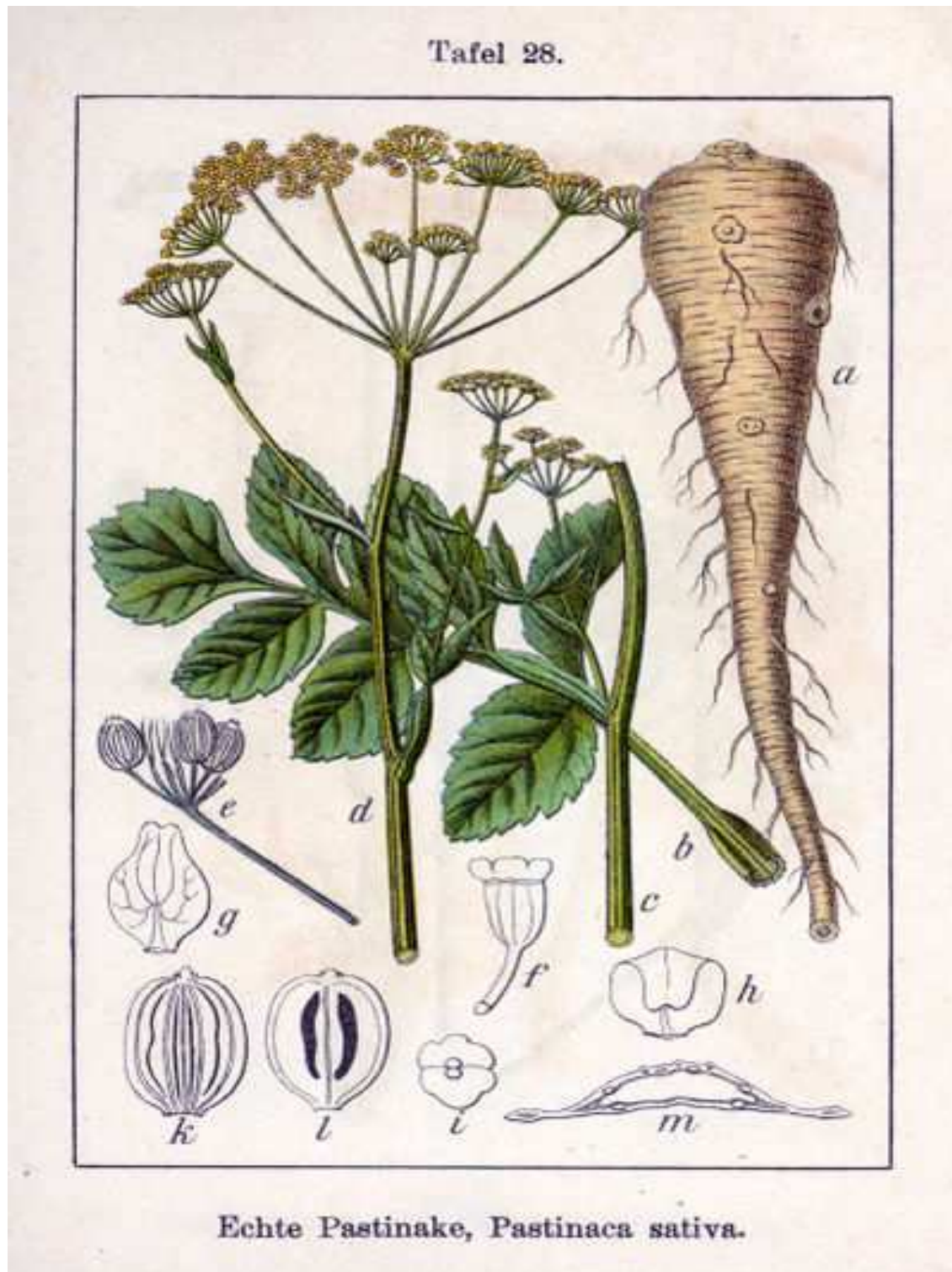


Abb. 43: Illustration *Pastinaca sativa* [Sturm, 1796]

3.3.3 Pastinak - Inhaltsstoffe und Bedeutung in der Humanernährung

3.3.3.1 Primärstoffe der Pastinakwurzel

Fett und Protein

Ähnlich wie Karotte und Wurzelpetersilie enthält auch die Pastinakwurzel nur wenig Fett und Protein (Tab. 7, Seite 38). Dennoch ist der Energiegehalt des Pastinaks mit 59 kcal/100 g essbarem Anteil am höchsten. Wegen des niedrigen Anteils an Wasser (77,5 g/100 g) weist die Pastinakwurzel eine wattige Konsistenz auf.

Kohlenhydrate

Das Kohlenhydratspektrum umfasst Glucose (246 mg/100 g), Fructose (256 mg/100 g), Saccharose (2560 mg/100 g) und Stärke (8990 mg/100 g). Pastinak weist mit 12,1 g/100 g einen doppelt so hohen Kohlenhydratgehalt wie die Wurzelpetersilie (6,05 g/100 g) auf. Verglichen mit der Karotte (4,80 g/100 g) liegt der Kohlenhydratgehalt sogar drei Mal so hoch [Souci et al., 2008]. Aufgrund des hohen Saccharosegehaltes hat der Kulturpastinak einen sehr süßen Geschmack. Pastinaken haben verglichen mit Karotte und Wurzelpetersilie den höchsten Stärkegehalt. Diesen machte man sich früher für die Herstellung von Bier und Pastinakwein zunutze [Storl und Pfyl, 2006].

Ballaststoffe

Verglichen mit Karotte und Wurzelpetersilie enthält der Pastinak (2,13 g/100 g) weniger Ballaststoffe. Die wasserunlöslichen Ballaststoffe (1510 mg/100 g) überwiegen gegenüber den wasserlöslichen, die nur 620 mg/100 g ausmachen (Tab.7, Seite 38). Die wattige Konsistenz der Rübe ist begründet durch wasserunlösliche Zellulose und Hemi-Zellulosen. Karotte (4,80 g/100 g) und Wurzelpetersilie (6,05 g/100 g) besitzen weniger Kohlenhydrate und mehr Ballaststoffe (Karotte 3,63 g/100 g, Wurzelpetersilie 4,00 g/100 g) und Wasser (Karotte 88,2 g/100 g, Wurzelpetersilie 83,9 g/100 g) als der Pastinak [Souci et al., 2008]. Zusammen mit anderen Wurzelgemüsen wie Karotte und Wurzelpetersilie könnte Pastinak die Aufnahme an wichtigen Ballaststoffen verbessern.

3.3.3.2 Sekundärstoffe der Pastinakwurzel

3.3.3.2.1 Vitamine der Pastinakwurzel

Pastinaca sativa ist wie *Petroselinum crispum* ein Vitamin C-hältiges Gemüse. Tabelle 8 (Seite 42) zeigt, dass die Pastinakwurzel mit 18 mg Vitamin C/100 g um die Hälfte weniger Vitamin C enthält als die Wurzelpetersilie, aber doppelt soviel wie die Karotte. Der Referenzwert von 100 mg/Tag [D-A-CH, 2008] wird mit 100 g Pastinak nicht erreicht. Durch eine Steigerung der Portionsgröße auf ca. 200 g deckt man den täglichen Vitamin C-Bedarf aber zur Hälfte. Zu beachten ist, dass Raucher einen täglichen Bedarf von 150 mg Vitamin C haben. Dementsprechend sollten die Portionsgrößen an Pastinak angepasst werden.

Der Pastinak enthält neben Vitamin C auch Vitamin E (930 µg/100 g), Pantothenensäure (500 µg/100 g) und Vitamin B₂ (130 µg/100 g) [Souci et al., 2008].

Vitamin E (Tocopherol)

Der Gehalt an Gesamttocopherol beträgt 930 µg/100 g essbarem Anteil, davon sind 880 µg α-Tocopherol. Im Vergleich mit der Karotte (440 µg/100 g) besitzt der Pastinak doppelt so viel α-Tocopherol [Souci et al., 2008].

Tocopherole wirken als Radikalfänger, indem sie Fettsäuren in Membranlipiden, Lipoproteinen und Depotfett vor Oxidation schützen. Hinsichtlich der antioxidativen Funktion ist das α-Tocopherol jedoch nicht so effektiv wie die anderen Tocopherole [Biesalski und Grimm, 2011].

Wirklich gute Vitamin E-Quellen sind vorwiegend Pflanzenöle und fette Fische [Elmadfa und Leitzmann, 2004].

Pantothenensäure

Der Pastinak enthält mit 500 µg/100 g ca. die doppelte Menge an Pantothenensäure als die Karotte (270 µg/100 g). Für den Pantothenensäuregehalt der Wurzelpetersilie liegen keine Messungen vor [Souci et al., 2008].

Die Pantothenensäure ist beteiligt am Auf- und Abbau von Kohlenhydraten, Fetten und Aminosäuren, an der Synthese von Cholesterin und wird in den Geweben

zum Aufbau von Coenzym A benötigt, welches eine wichtige Rolle im Citratzyklus spielt. [Rassow et al., 2008].

Vitamin B₂ (Riboflavin)

Der Gehalt an Riboflavin verglichen mit Karotte (53 µg/100 g) und Wurzelpetersilie (86 µg/100 g) ist im Pastinak mit 130 µg/100 g am höchsten [Souci et al., 2008].

Vitamin B₂ katalysiert als Coenzym chemische Reaktionen wie Dehydrogenierungen, Reaktionen mit schwefelhaltigen Verbindungen und ist Bestandteil von Oxidoreduktasen und der Glutathionreduktase. Weiters ist Riboflavin an der Embryonalentwicklung und an der Erhaltung der Myelinschicht der Nerven beteiligt [Leitzmann et al., 2009].

3.3.3.2.2 Ätherisches Öl der Pastinakwurzel

Kubeczka und Stahl haben erstmals 1975 über das Wurzelöl und 1977 über das ätherische Öl der Blätter und Früchte berichtet (Seite 17 und 20). Liechtenstein und Casida fanden 1963 heraus, dass das Myristicin der Pastinakwurzel als Insektizid gegen Fruchtfliegen effektiv ist [Liechtenstein und Casida, 1963].

In der Volksmedizin wird das ätherische Öl von *Pastinaca sativa* bei Anämie, Bluthochdruck und Nieren- bzw. Leberbeschwerden verwendet [Storl und Pfyl, 2006].

Die Ätherisch-Öl-Bestandteile des Pastinaks, v.a. Myristicin und dessen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, wurden bis heute nicht genügend erforscht.

3.3.3.2.3 Fur(an)ocumarine der Pastinakwurzel

Der Fur(an)ocumaringehalt der Pastinakwurzel hängt, wie bereits in auf Seite 24 erwähnt, von der Kultivierung, den Lagerbedingungen und v.a. von den Lagertemperaturen ab. Frisch geerntete Pastinakwurzeln, welche nicht mikrobiell infiziert sind, haben Fur(an)ocumaringehalte von weniger als 2,5 - 3 mg/kg

Frischgewicht. Mikrobiell infizierte Pastinakwurzeln können Gehalte von bis zu 570 mg/kg erreichen. Der im Handel erhältliche Pastinak besitzt Durchschnittswerte zwischen 20 und 124 mg/kg [Eisenbrand, 2007]. Ostertag et al. haben 2002 festgestellt, dass eine nur einwöchige Lagerung frischer Pastinakwurzeln bei +4°C die Konzentration an Fur(an)ocumarinen auf ca. 30 mg/kg erhöht und eine mehrere Wochen lange Lagerung bei -18 °C keinen Einfluss auf die Konzentration der Fur(an)ocumarine hat [Ostertag et al., 2002].

Täglich werden pro Person durchschnittlich 1,2 – 1,3 mg Fur(an)ocumarine über Lebensmittel aufgenommen. Das entspricht 0,020 – 0,0023 mg/kg KG. Die therapeutische Dosis beträgt 0,5-0,6 mg/kg KG, die niedrigsten phototoxischen Dosis 0,23 mg/kg KG. Nimmt ein Erwachsener 200 g Pastinak mit einem Fur(an)ocumarinegehalt von ca. 50 mg/kg auf, liegt die aufgenommene Menge an Fur(an)ocumarinen (10 mg/200 g) unter der toxischen Dosis von 14 – 20 mg [Eisenbrand, 2007]. Eisenbrand [2007] nimmt an, dass die Bioverfügbarkeit der Fur(an)ocumarine mit der Aufnahme von Lebensmittel geringer ist als die Aufnahme in isolierter Form. Die Fur(an)ocumarinaufnahme bei Kleinkindern bedarf besonderer Beachtung, da Pastinak- und Petersilienwurzeln in der Baby-nahrungsindustrie verwendet werden. In Deutschland wurde in Babynahrung, die Pastinaken enthielten, Fur(an)ocumarinwerte bis zu ca. 13 mg/kg gemessen. Bei einem Verzehr von 200 g würde das Kleinkind 2,5 mg Fur(an)ocumarine aufnehmen. Diese Menge entspricht bei einem Körpergewicht von 7 kg einer Dosis von ca. 0,36 mg/kg KG und überschreitet die für Erwachsene niedrigste phototoxische Dosis. Bei der häuslichen Zubereitung von Babykost werden phototoxische Werte nicht erreicht, wenn frische oder tiefgekühlte Pastinakwurzeln verwendet werden [Eisenbrand, 2007].

3.3.3.2.4 Polyacetylene der Pastinakwurzel

Die Polyacetylene Falcarinol und Falcarindiol kommen in *Daucus carota* (50 mg/100 g TGW) sowie in *Pastinaca sativa* vor. Sie unterscheiden sich lediglich in ihrer Konzentration, welche im Pastinak ca. 700 mg/100 g TGW ausmacht. Aufgrund dieser hohen Menge kann der Genuss von rohen Pastinakwurzeln toxikologisch als bedenklich angesehen werden. Durch Erhitzen werden die Polyacetylene zerstört [Teuscher und Lindequist, 2010].

Auf die Wirkungen der Polyacetylene wird hier nicht näher eingegangen, da diese bereits auf den Seite 18 und 47 ausführlich besprochen wurden.

3.3.3.3 Bedeutung in der Humanernährung

Zunächst verdrängt von Karotte und Kartoffel hat der Pastinak in den letzten Jahren wieder Einzug in unsere Ernährung gefunden und ist das Gemüse des Jahres 2012 [Loos, 2012].

Das süße, leicht nussige und milde Aroma macht die Pastinakwurzel nicht nur für pikante Speisen, sondern auch für Süßspeisen attraktiv. In der englischen Küche ist der Pastinak ein Klassiker und wird traditionell als Püree verwendet. In Österreich ist *Pastinaca sativa* L. ssp. *sativa* var. *sativa* ein beliebtes Wintergemüse und findet seinen Einsatz vorwiegend in Suppen und als Gemüsebeilage. Früher wurde die Wurzel wegen des hohen Stärkegehaltes zur Bier- und Weinherstellung genutzt. Auch die Herstellung von Sirup war gebräuchlich, den man als Brotaufstrich oder zum Süßen verwendete [Loos, 2012].

Ähnlich wie Petersilien – und Karottenwurzel ist die Pastinakwurzel ungewaschen bei 1 °C mehrere Monate haltbar. Zu hohe Temperaturen oder Feuchtigkeit können die Polyacetylenkonzentration erhöhen und Bittergeschmack hervorrufen [Keller et al., 1999].

Im Vergleich mit der Karotte (26 kcal/100 g) und Wurzelpetersilie (40 kcal/100 g) ist die Pastinakwurzel ein energiereiches Gemüse (59 kcal/100 g). Mit 12,1 g Kohlenhydraten/100g essbarem Anteil besitzt sie die doppelte Menge wie die Wurzelpetersilie (6,05 g/100 g) und um die dreifache Menge wie die Karotte (4,80 g/100 g). Mit 18 mg/100 g essbarem Anteil ist Vitamin C das wichtigste Vitamin des Pastinaks [Souci et al., 2008; D-A-CH, 2008].

Der Pastinak ist wie die Wurzelpetersilie ein beliebtes und leicht verdauliches Wintergemüse. Bei sachgerechter Lagerung und einer Portionsgröße von 150 – 200 g trägt die Pastinakwurzel zu einer vitaminreichen und ausgewogenen Ernährung bei.

4 Schlussbetrachtung

Die Familie der Doldenblütler (*Apiaceae*) zählt mit mehr als 3780 Arten zu einer der größten Pflanzenfamilien [Judd et al., 2008]. Die Doldenblütler findet man auf der ganzen Welt, wobei der Schwerpunkt ihres Vorkommens in den nördlichen, gemäßigten Zonen liegt [Stevens, 2001]. Sie umfassen die verschiedensten Lebensformen, von Kräutern über Sträucher bis hin zu Polsterpflanzen. [Simpson, 2010].

Zu den morphologischen Charakteristika der *Apiaceae* zählt ihr Blütenstand, welcher eine Doppeldolde ist. Die Blüten der *Apiaceae* sind fünfzählig und die Farbe der Kronblätter kann weiß, gelb oder rosa sein [Bresinsky et al., 2008]. Die Früchte der Doldenblütler sind zweiteilige Spaltfrüchte und werden aufgrund ihrer Sekundärstoffe, u.a. ätherische Öle, in der Humanernährung als Gewürz verwendet. [Weberling, 2000]. Die Sprossachse ist hohl und gerillt. Typisch für Karotte, Petersilie und Pastinak ist die Bildung einer Blattrosette. Die *Apiaceae* besitzen eine wechselständige Beblätterung mit ein- bis mehrfachgefiederten Laubblättern [Fischer et al., 2008]. Das unterirdisch wachsende Speicherorgan von Karotte, Petersilie und Pastinak ist eine Wurzelrübe. *Daucus carota* und *Pastinaca sativa* besitzen Bastrüben, *Petroselinum crispum* eine Holzrübe [Voss, 1934; Lieberei und Reisdorff, 2007].

Zu den typischen Sekundärstoffen der *Apiaceae* zählen ätherisches Öl, Cumarinverbindungen und Polyacetylene. Ätherische Öle sind Stoffgemische, deren Hauptbestandteile Terpene und Phenylpropanoide sind und je nach Pflanzenart überwiegen. Karotte, Wurzelpetersilie und Pastinak besitzen vorwiegend Monoterpene mit acyclischem, mono- und bicyclischem Charakter wie z.B. Geraniol, α - und β -Pinen und Terpinolen, und die Phenylpropanoide Myristicin und Apiol. Apiol kommt nur in der Wurzelpetersilie vor [Hänsel und Sticher, 2010].

Die Doldenblütler zeigen ein breites Spektrum an linearen Fur(an)ocumarinen. Fur(an)ocumarine haben phototoxische Wirkung und können durch Hautkontakt und UV-Licht Hautentzündungen hervorrufen. *Pastinaca sativa* und *Petroseli-*

num crispum enthalten im Gegensatz zu *Daucus carota* höhere Konzentrationen. Die Fur(an)ocumarine werden wegen der Phototoxizität in der Dermatologie als PUVA-Therapie gegen Neurodermatitis, Schuppenflechte und Vitiligo und gegen Psoriasis eingesetzt [Hänsel und Sticher, 2010]. Ebenfalls typisch für die *Apiaceae* sind Polyacetylene (Polyine). Polyacetylene sind aliphatische, unverzweigte biogene Kohlenwasserstoffe, die in hohen Konzentrationen neurotoxisch sind. [Teuscher und Lindequist, 2010]. Bei unsachgemäßer Lagerung des Wurzelgemüses sind die Polyacetylene Falcarinol und Falcarindiol für die Entstehung des bitteren Geschmacks verantwortlich [Czepa und Hofmann, 2003]. Beim Kochen werden die Polyacetylene zerstört [Teuscher und Lindequist, 2010].

Karotte (*Daucus carota* L.)

Die Wilde Karotte *Daucus carota* L. ssp. *carota* ist in Europa, Nordafrika und Kleinasien verbreitet und wächst in nahezu allen Klimazonen [Fischer, 2007]. Die Kulturkarotte *Daucus carota* L. ssp. *sativus* wird weltweit angebaut und gehört zu den Weltwirtschaftspflanzen [FAO, 2010]. Je nach Sorte wird die Kulturkarotte von Februar bis Juni angebaut, die Ernte erfolgt von Juli bis November. Für ein gesundes Wachstum benötigt sie tiefgründige Sand- oder sandige Lehmböden mit ausreichender Nährstoffversorgung und guter Wasserhaltekapazität [Keller et al., 1999; Pelzmann, 2004].

Der Ursprung von *Daucus carota* L. ssp. *sativus* ist bis heute unbekannt. Die ältesten Aufzeichnungen über die ersten kultivierten Formen stammen aus Griechenland. Aufgrund ähnlicher Namensbezeichnungen in der Antike ist eine eindeutige Abgrenzung zwischen Wild- und Kulturformen nicht möglich. Die Wildformen der Kulturkarotte sind von Zentralasien, welches auch das Zentrum der Kultivierung ist, bis Europa verbreitet. Zu ihnen zählen die drei Unterarten *Daucus carota* ssp. *carota* (weiße Wurzelfarbe), *Daucus carota* ssp. *atrorubus* (violett-rote Wurzelfarbe) und *Daucus carota* ssp. *maximus* (weiße Wurzelfarbe). Die uns bekannten orangefarbenen Karotten finden ihre erstmalige Erwähnung in niederländischen Kräuterbüchern des 16. Jahrhunderts und sind aus weißen

oder gelben Karotten durch Selektion oder Kreuzung verschiedener Sorten entstanden [Simmonds, 1979; Körber-Grohne, 2001].

Die Karotte ist wegen der geringen Fett- und Proteinwerte und aufgrund des hohen Wassergehalts ein kalorienarmes Gemüse. Der Anteil an Kohlenhydrate schwankt je nach Jahreszeit und ist v.a. durch Saccharose gekennzeichnet. Die Ballaststoffe, v.a. die wasserlöslichen Pektine, sind für die menschliche Gesundheit bedeutsam. Sie tragen zur Prävention von Krebs und Herz-Kreislauf-Erkrankungen bei, beeinflussen die Verdauung positiv und senken den Cholesterinspiegel. Die Karottensuppe nach Moro, ein altes und wieder entdecktes Hausmittel, hilft durch ihren Pektingehalt bei Diarrhoen [De Bettignies-Dutz, 1992; Kastner et al., 2002; Souci et al., 2008]. Karotten sind aufgrund ihres β -Carotin-Gehaltes (11 mg/100 g) eine sehr gute Provitamin A-Quelle (1,5 mg RÄ/100 g) und decken den Tagesbedarf. β -Carotin hat immunstärkende und chemopräventive Eigenschaften und fungiert als Radikalfänger. Provitamin A ist wichtig für die Differenzierung verschiedener Gewebe und am Sehvorgang beteiligt [Elmadfa und Leitzmann, 2004].

Das ätherische Öl von *Daucus carota* besteht v.a. aus Monoterpenen, das Phenylpropanoid Myristicin spielt eine untergeordnete Rolle. Eine erhöhte Konzentration an ätherischem Öl ist mit einem verringerten Zuckergehalt und umgekehrt assoziiert. [Kjeldsen et al., 2003]. Die in der Karotte enthaltenen Fur(an)ocumarine zeigen antimykotische Aktivität gegen *Staphylococcus aureus* und *Bacillus subtilis* [Ozçelik et al., 2004]. Die Polyacetylene Falcarinol und Falcarindiol in Karottensaft haben positive Auswirkungen auf die Induktion von Apoptose und Inhibition der Zellproliferation leukämischer Zelllinien [Zaini et al., 2011].

Die Bastrübe von *Daucus carota* ist ein beliebtes Wurzelgemüse und hat große Bedeutung in der Humanernährung. Bei kühler und trockener Lagerung sind die Karottenwurzeln einige Wochen haltbar. In der Küche kann man sie in pikanten wie süßen Speisen einsetzen. Aufgrund ihres niedrigen Energiehalts (26 kcal/100 g) sind sie für die Diätküche attraktiv. Die ausgezeichneten β -Carotin

(7,6 mg/100 g)- bzw. Provitamin A-Werte (1,5 mg RÄ/100 g) machen sie als Anfangsnahrung für Babies und Kleinkinder wichtig [Keller et.al, 1999; Leitzmann et al., 2009].

Wurzelpetersilie (*Petroselinum crispum* (Mill.) Nym.)

Beheimatet ist die Wurzelpetersilie in Südosteuropa, auf den Kanaren und in Westasien. Sie wird in ganz Europa, in Nord- und Ostafrika, Ostasien und in den U.S.A. angebaut [Teuscher, 2003]. *Petroselinum crispum* benötigt tiefgründige, kalkreiche und feuchte Böden. Mit sich selbst ist sie unverträglich, wächst jedoch bestens in Gesellschaft der Zwiebel. Angebaut wird die Petersilie von März bis April, die Ernte der Blätter kann bereits im Juni erfolgen, die der Wurzel ab Oktober bis November [Pelzmann, 2004].

Die erste schriftliche Erwähnung der Wurzelpetersilie findet man in der mykenisch-griechischen Linearschrift B unter dem Namen „se-ri-no“. Die Silbe „*petra*“ wurde erst in der Antike angehängt und bedeutet „Felsen“. Bereits im antiken Griechenland und in Italien wurde die Blattpetersilie als Speisenwürze verwendet. Die Verwendung der Wurzel war zunächst noch unbekannt. Ihre Verbreitung von Süd- über Westeuropa, bis in die tropischen Klimazonen erfolgte im 15. bis 16. Jahrhundert [Simmons, 1976; Lawton, 2007].

Die Wurzelpetersilie, anatomisch eine Holzrübe, besitzt im Vergleich zur Karotte doppelt soviel Fett (0,47 g/100 g) und ca. die dreifache Menge an Proteinen (2,88 g/100 g), somit ist ihr Gesamtenergiegehalt (40 kcal/100 g) höher. Neben Glucose und Fructose, kommt v.a. Saccharose in der Petersilie vor. [Souci et al., 2008]. Vitamin C ist das wichtigste Vitamin in der Wurzelpetersilie, deckt mit 41 mg/100 g fast die Hälfte des Tagesbedarfs (100 mg/Tag) für gesunde 25-65-jährige Erwachsene. Raucher haben mit 150 mg/Tag einen erhöhten Bedarf und sollten die Zufuhr an Vitamin C durch die Wurzelpetersilie dieser Empfehlung anpassen, indem sie die Portionsgrößen anpassen. Vitamin C hat antioxidative Wirkung. Niacin ist im Gegensatz zu den beiden anderen Pflanzen mit

2 mg/100 g in nennenswerten Mengen enthalten [Elmadfa und Leitzmann, 2004].

Die Hauptkomponenten des ätherischen Öls der Wurzelpetersilie sind Myristicin und Apiol. Beide sind toxische Substanzen, die schwerwiegende Auswirkungen auf das Zentralnervensystem haben können, Apiol hat zudem abortiven Effekt. Myristicin besitzt in geringen Konzentrationen hepatoprotektive und chemopräventive Aktivität, Apiol wirkt antioxidativ und als Radikalfänger [Fejes et al., 1998; Lee und Park, 2010]. Die Fur(an)ocumarine der Wurzelpetersilie sind zu schwach, um phototoxische Reaktionen auszulösen. Unter Stresssituationen oder Pilzbefall kann sich die Konzentration jedoch erhöhen. In niedriger Dosierung tragen sie zur Verbesserung der Lymphozytenaktivierung und zur Sekretion des Zytokins IFN- γ bei [Cherng et al., 2008; Teuscher und Lindequist, 2010]. Falcarindiol, 8-O-Methylfalcarindiol und Panaxydiol, Polyacetylene der Wurzelpetersilie, sind entzündungs- bzw. schmerzhemmend und hemmen die Thrombozytenaggregation [Christensen und Brandth, 2006].

Petroselinum crispum ist ein beliebtes Blattgewürz, aber auch die Wurzel findet in Form von Salaten, Pürees, Suppen und als Gemüsebeilage ihren Einsatz. Bei niedrigen Temperaturen und Lagerung in Sand kann sie bis zu einem halben Jahr haltbar sein.

Pastinak (*Pastinaca sativa* L.)

Die wild wachsende Form des Pastinaks *Pastinaca sativa* L. ssp. *sativa* var. *pratensis*, kommt in ganz Europa, Kleinasien und Nordamerika vor [Van Wyk, 2005]. Der Pastinak stellt keine klimatischen Ansprüche und bevorzugt schwere, tiefgründige Böden. Der Anbau von Kulturpastinak *Pastinaca sativa* L. ssp. *sativa* var. *sativa* findet im März/April statt, die Ernte kann ab Oktober erfolgen, aber auch erst im Frühjahr [Keller et al., 1999].

Die ältesten Nachweise des Kulturpastinaks *Pastinaca sativa* ssp. *sativa* var. *sativa* stammen aus der Jungsteinzeit. Kulinarisch genutzt wurde der Pastinak bereits von den Kelten, Germanen, Slawen und Römern. Kaiser Tiberius war

ein großer Pastinakliebhaber und förderte den Anbau zu seiner Zeit [Storl und Pfyl, 2006]. Deutsche Kräuterbücher aus dem 16. Jahrhundert belegen den Anbau von Pastinak. Wichtige Anbauggebiete waren damals Frankreich und Großbritannien. Mitte des 18. Jahrhunderts wurde die einst beliebte Pflanze durch die Kultivierung der Kartoffel und Karotte verdrängt. Heute erlebt der Pastinak durch die Wiederentdeckung alter Nutzpflanzen eine Renaissance [Loos, 2012].

Die Pastinakwurzel ist aufgrund ihres hohen Kohlenhydratanteils ein energiereiches Gemüse. Saccharose und Stärke bilden mengenmäßig den Hauptanteil. Mit 2,13 g Ballaststoffen/100 g ist der Pastinak ballaststoffarm und beinhaltet v.a. wasserunlösliche Ballaststoffe. Vitamin C (18 mg/100 g), Vitamin E (930 µg/100 g), Pantothersäure (500 µg/100 g) und Vitamin B₂ (130 µg/100 g) kommen mengenmäßig am häufigsten vor [Souci et al., 2008].

Die Hauptbestandteile des ätherischen Öls des Pastinaks sind Farnesen, Terpinolen und Myristicin, wobei letzteres als Insektizid effektiv ist [Kubeczka und Stahl, 1977]. Der Fur(an)ocumarin Gehalt des Pastinaks ist abhängig von der Kultivierung, der Lagerbedingungen und von der Lagertemperatur. Eine Lagerung bei + 4°C erhöht die Fur(an)ocumarinkonzentration, währenddessen Temperaturen von - 18°C keinen Einfluss auf die Konzentration haben [Ostertag et al., 2002]. Mit 700 mg/100 g TGW enthält die Pastinakwurzel im Vergleich mit Karotte (50 mg/ 100 g) und Wurzelpetersilie (280 mg/100 g) die größte Menge an den Polyacetylenen Falcarinol und Falcarindiol [Zidorn et al., 2005; Rai et al., 2011]. Der Genuss von rohem Pastinak kann toxikologisch bedenklich sein, durch Kochen werden die Polyacetylene jedoch zerstört [Teuscher und Lindquist, 2010].

Die Pastinakwurzel wird für pikante Speisen etwa Suppen, Pürees und als Gemüsebeilage, aber auch für Süßspeisen verwendet. Bei sachgemäßer Lagerung (kühl und trocken) ist der Pastinak mehrere Monate haltbar und ein beliebtes Wintergemüse.

5 Zusammenfassung

Die *Apiaceae* sind auf der ganzen Welt, v.a. in den gemäßigten Klimazonen verbreitet. Ihre Vertreter sind beliebte Gewürz-, Gemüse- und Heilpflanzen. Charakteristisch sind ihr Blütenstand (Doppeldolde), die Ausbildung einer Blattrosette, zweiteilige Spaltfrüchte und die in der Humanernährung vielfältig genutzten Rüben. Zu den typischen Sekundärstoffen zählen ätherisches Öl, Fur(an)ocumarine und Polyacetylene. Die Bastrübe von *Daucus carota* ist ein kalorienarmes (26 kcal/100g), pektin- und β -Carotin-reiches (7,6 mg/100 g) Gemüse, das zur Prävention von Herz-Kreislauf-Erkrankungen und zur Verbesserung der Darmtätigkeit beiträgt. Für das typische Aroma sind die Ätherisch-Öl-Komponenten Geraniol und Geranylacetat verantwortlich. Die toxischen Fur(an)ocumarine und Polyacetylene werden durch falsche Lagerung erhöht und können negative Auswirkungen wie z.B. bitteren Geschmack verursachen. Laborversuche zeigten antimikrobielle Wirkung der Fur(an)ocumarine und dass Polyacetylene Apoptose bei menschlichen Leukämiezellen auslösen können. Von *Petroselinum crispum* werden die Blätter und die Holzrübe kulinarisch genutzt. Die Wurzelpetersilie hat einen hohen Vitamin-C- (41 mg/100 g) und Vitamin B₆-Gehalt (230 μ g/100 g). Die Ätherisch-Öl-Bestandteile Myristicin und Apiol sind in größeren Mengen toxisch, kommen in der Wurzelpetersilie aber nur in geringer Konzentration (Myristicin 5-15 %, Apiol 15 -42 %) vor. In vitro Versuche mit mononukleären Blutzellen zeigten, dass die Fur(an)ocumarine der Wurzelpetersilie Lymphozyten aktivieren und die Sekretion von IFN- γ erhöhen. Die Polyacetylene wirken antimykotisch und können die Thrombozytenaggregation hemmen. *Pastinaca sativa* ist energie- und stärke-reich. Vitamin C (18 mg/100 g), Tocopherol (920 μ g/ 100 g) und Pantothersäure (500 μ g/100 g) sind die wichtigsten Vitamine des Pastinaks. Hauptbestandteile des ätherischen Öls sind Farnesen, Terpinolen und Myristicin. Die Fur(an)ocumarinmenge ist v.a. von den Lagertemperaturen abhängig und erhöht sich ab + 4°C. Kühle und trockene Lagerung ist von Vorteil. Der Genuss von rohem Pastinak kann aufgrund der Polyacetylene toxikologisch bedenklich sein. Wichtig ist, dass selbige beim Kochen zerstört werden.

6 Summary

Apiaceae are spread all over the world, particularly in the temperate climatic zones. Their representatives are famous herbs, vegetables and medical plants. Characteristic are their inflorescence (compound umbell), the development of a leaf rosette, two-piece dehiscent fruits and the roots, that are used in human nutrition. Typically secondary substances are essential oils, furocoumarins and polyacetylenes.

The bastroot of *Daucus carota* is a low-calorie (26 kcal/100 g) vegetable and rich in pectines and beta-carotene (7,6 mg/100 g), which is important to prevent cardiovascular diseases. They also support the digestion. The essential oil components Geraniol and Geranylacetate are responsible for the typical aroma. The toxic furocoumarins and Polyacetylenes increase by wrong storage and could cause negative effects e.g. bitter taste. Laboratory experiments have shown that furocoumarins have antimicrobial effects and that polyacetylenes can activate apoptosis in human leukaemia cells. The leaves and the root of *Petroselinum crispum* are used culinarily. The parsleyroot has a high ascorbic acid (41 mg/100 g) and Vitamin B₆ (230 µg/100 g) content. The essential oil compounds Myristicin and Apiol are toxic in high concentrations, but in the parsleyroot the concentrations are low (Myristicin 5-15 %, Apiol 15-42 %). In vitro tests with mononuclear blood cells have shown that the furocoumarins of the parsleyroot activate lymphocytes and increase the secretion of IFN-γ. The Polyacetylenes have antimycotic effects and can inhibit the platelet aggregation. *Pastinaca sativa* are rich in calories and starch. Ascorbic acid (18 mg/100 g), tocopherole (920 µg/100 g) and pantothenic acid (500 µg/100 g) are the most important vitamins of parsnips. The main components of the essential oil are farnesen, terpinolen and myristicin. The concentration of furocoumarins depends on the storage-temperatures and increases at +4°C. Cool and dry storage is desirable. The consumption of raw parsnip is dangerous, because of the toxic polyacetylenes. The important thing is, that those are destroyed by cooking.

7 Literaturverzeichnis

ALCIBIADES (2007) Chemische Struktur von Umbelliferon [Online] Available: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Umbelliferon.svg> [Accessed 7.9.2012]

ANNABEL (2007) Chemische Struktur von Geranylacetat [Online] Available: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Geranyl_acetate.svg [Accessed 13.9.2012]

ANWAR SAADAT (2007) Carrot and turnip [Online] Available: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:2005carrot_and_turnip.PNG?uselang=d [Accessed 24.08.2012]

BALTISBERGER M. (1997) Einführung in die Systematik der Pflanzen, vdf Hochschulverlag AB an der ETH Zürich, pp. 93-95

BARRETO DA SILVA V., KAWANO D.F., CARVALHO I., CARDOSO DA CONCEIÇÃO E., DE FREITAS O., PAULA DA SILVA C.H. (2009) Psoralen and Bergapten: in silico metabolism and toxicophoric analysis of drugs used to treat vitiligo, *Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 12(3), pp. 378-387

BERGSTRÖM M.A., LUTHMANN K., NILSSON L.G., KARLBERG A. (2006) Conjugated dienes as prohaptens in contact allergy: in vivo and in vitro studies of structure-activity relationships, sensitizing capacity, and metabolic activation, *Chemical Research Toxicology*, 19, pp. 760-769

BICKEL-SANDKÖTTER S. (2001) Nutzpflanzen und ihre Inhaltsstoffe, Quelle & Meyer Verlag Wiebelsheim, pp. 155-158, 237-239, 348-351

BIESALSKI H.K., GRIMM P. (2011) Taschenatlas der Ernährung, 5. überarbeitete und erweiterte Auflage, Thieme Verlag Stuttgart, pp. 160-162

BLAZEWICZ-WOŹNIAK M., WACH D. (2011) The effect of intercropping on yielding of root vegetables of *Apiaceae* family, *Acta Sci.Pol., Hortorum Cultus* 10(4), pp. 233-243

BRESINSKY A., KÖRNER C., KADEREIT J.W., NEUHAUS G., SONNEWALD U. (2008) Strasburger Lehrbuch der Botanik, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, 36. Auflage, pp. 910-913

BRÜCHER H. (1977) Tropische Nutzpflanzen, Springer Verlag Berlin, pp. 25

CESKA O., CHAUDHARY S.K., WARRINGTON P.J., ASHWOOD-SMITH M.J. (1986) Furocoumarins in the cultivated carrot, *Daucus carota* L., *Phytochemistry*, Vol.25, No.1, pp. 81-83

CESKA O., CHAUDHARY S.K., WARRINGTON P.J., ASHWOOD-SMITH M.J. (1987) Photoactive furocoumarins in fruits of some umbellifers, *Phytochemistry*, Vol.26, No.1, pp. 165-169

CHASE M.W., REVEAL J. L. (2009) A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III, *Botanical Journal of the Linnean Society*, pp. 161, 122-127

CHERNG J.-M., CHIANG W., CHIANG L.-C. (2008) Immunomodulatory activities of common vegetables and spices of *Umbelliferae* and its related coumarins and flavonoids, *Food Chemistry*, 106, pp. 944-950

CHIZZOLA R. (2009) Composition of the essential oil from *Daucus carota* L. ssp. *carota* growing wild in Vienna, *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, Vol. 13, Issue 1, pp. 12-15

CHRISTENSEN L.P.; BRANDT K. (2006) Bioactive polyacetylenes in food plants of the *Apiaceae* family. Occurrence, bioactivity and analysis, *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41, pp. 683-693

CZEPA A., HOFMANN T. (2003) Structural and sensory characterization of compounds contributing to the bitter off-taste of carrots (*Daucus carota* L.) and carrot puree, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 3865-3873

D-A-CH (2008) Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr [Online] Available: <http://www.dge.de/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=3> [Accessed 11.9.2012]

DE BETTIGNIES-DUTZ A. (1992) Charakterisierung von gegen humanpathogene Keime wirksamen Substanzen der Karotte, Dissertation am Institut für Pharmakognosie Universität Wien

DE LA ROSA L.A., ALVAREZ-PARILLA E., GONZÁLEZ-AGUILAR G.A. (2010) Fruit and vegetable phytochemicals, Wiley-Blackwell Iowa, pp. 92

DHINGRA D., MICHAEL M., RAJPUT H., PATIL R.T (2012) Dietary fibre in foods: a review, *Journal of Food Science Technology*, 49 (3), pp. 255-266

DIOSCORIDES P. (512) Pflanzenbild der Gemeinen Möhre (gelben Rübe, Karotte), (*Daucus Carota* L., Fam. *Umbelliferae*) [Online] Available: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gemeine_M%C3%B6hre_\(Wiener_Dioskurides\).png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gemeine_M%C3%B6hre_(Wiener_Dioskurides).png) [Accessed 24.08.2012]

EBERMANN R., ELMADFA I. (2011) Lehrbuch Lebensmittelchemie und Ernährung, 2. Auflage, Springer Wien New York, pp. 143-188, 203-205, 216-222, 241-264, 363-364

EISENBRAND G. (2007) Toxicological Assessment of Furocoumarins in Foodstuffs, *Molecular Nutrition Food Research*, Vol. 51, Issue 3, pp. 367-373

ELMADFA I., FREISLING H., NOWAK V., HOFSTÄDTER D. et al. (2009) Österreichischer Ernährungsbericht 2008, 1. Auflage, Wien

ELMADFA I., LEITZMANN C. (2004) Ernährung des Menschen, 4. Auflage, UTB Stuttgart, pp. 289

EN:USER_TALK:STONE (2007) Falcarinol-structure [Online] Available: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Falcarinol-structure.png> [Accessed 27.08.2012]

FAO (2010) Anbauggebiete „Carrots and turnips“ weltweit [Online] Available: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> [Accessed 23.08.2012]

FEJES S., KERRY A., BLAZOVICS A., LUGASI A., LEMBERKOVICS E., PETRI G., SZOKE E. (1998) Investigation of the in vitro antioxidant effect of *Petroselinum crispum* (Mill.) Nym, ex A.W. Hill, *Acta Pharmaceutica Hungarica*, 68(3), pp. 150-156

FISCHER M. A., OSWALD K. & ADLER W. (2008) Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein, Südtirol, 3.Auflage, Linz: Land Oberösterreich, Biologiezentrum der Oberösterreichischen Landesmuseen, 1392, pp. 62-64, 73, 817, 841, 849, 854, 1295

FROHNE D, JENSEN U. (1998) Systematik des Pflanzenreichs, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart, 5. Auflage, pp. 271-276

GOLDLOCKI (2004) Geerntete Pastinaken [Online] Available: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:PastinakePflanzegeerntet.jpg> [Accessed 5.9.2012]

HAGENLOCHER M. (2005) Wurzel der Wurzelpetersilie [Online] Available: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wurzelpetersilie_Wurzel.jpg [Accessed 3.9.2012]

HAGVALL L., BÄRCKTORP C., SVENSSON S., NYMAN G., BÖRJE A., KARLBERG A.T. (2007) Fragrance compound geraniol forms contact allergens on air exposure. Identification and quantification of oxidation products and effect on skin sensitization, *Chemical Research Toxicology*, 20, pp. 807-814

HARBORNE J.B., HEYWOOD V.H., WILLIAMS C.A. (1969) Distribution of myristicin in seeds of the *Umbelliferae*, *Phytochemistry*, Vol.8, pp. 1729-1732

HÄNSEL R., STICHER O. (2010) Pharmakognosie – Phytopharmazie, 9. und überarbeitete und aktualisierte Auflage, Springer Medizin Verlag Heidelberg, pp. 941, 1078-1080

HERDE A. (2005) Untersuchung der Cumarinmuster in Früchten ausgewählter Apiaceae, Dissertation an der Universität Hamburg

HEROLD J. (2003) Chemische Struktur von Linalool [Online] Available: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Linalool.png> [Accessed 7.9.2010]

HOPPE J.R. (2006) Morphologie, Anatomie und Systematik der Höheren Pflanzen, Universität Ulm, Institut für Systematische Botanik und Ökologie [Online] Available: <http://www.biologie.uni-ulm.de/lehre/botanik/morphologie/achse/index.html> [Accessed 27.08.2012]

HUTH K., BURKARD M. (2004) Ballaststoffe. Chemie, physiologische Wirkungen, gesundheitlicher Wert, Ballaststoffzufuhr und Kostpläne, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, pp. 18

IMSIC M., WINKLER S., TOMKINS B., JONES R. (2010) Effect of storage and cooking on β -carotene isomers in carrots (*Daucus carota* L.cv. "Stefano"), *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, pp. 5109-5113

INTERNATIONAL PLANT NAMES INDEX (2005) [Online] Available: <http://www.ipni.org/index.html> [Accessed 27.08.2012]

IVIE G.W., BEIER R.C., HOLT D.L. (1982) Analysis of the Garden Carrot (*Daucus carota* L.) for linear furocoumarins (Psoralens) at the sub parts per million level, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 30, No.3, pp. 413-416

JUDD W., CAMPBELL C., KELLOG E., STEVENS P., DONOGHUE M. (2008) Plant Systematics – A phylogentic approach, Sinauer Associates Inc. Sunderland U.S.A, pp. 494-499

KASTNER U., GLASL S., FOLLRIICH B., GUGGENBICHLER J.P., JURENITSCH J. (2002) Saure Oligosaccharide als Wirkprinzip von wässrigen Zubereitungen aus der Karotte in der Prophylaxe und Therapie von gastrointestinalen Infektionen, *Wiener Medizinische Wochenschrift*, Vol. 152, Heft 15-16, pp. 379-381

KATZER G. [Online] Gernot Katzers Gewürzseiten Available: http://www.uni-graz.at/~katzger/germ/Petr_cri.html [Accessed 28.9.2012]

KELLER E.R., HANUS H., HEYLAND K.U. (1999) Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen, Band 3, Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co, Stuttgart, pp. 507-516, 542-543

KJELDSEN F., CHRISTENSEN L.P.; EDELENBOS M. (2003) Changes in volatile compounds of carrots (*Daucus carota* L.) during refrigerated and frozen storage, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, pp. 5400-5407

KJELLENBERG L., JOHANSSON E., GUSTAVSSON K.E., OLSSON M.E. (2010) Effects of harvesting date and storage on the amounts of polyacetylenes in carrots, *Daucus carota*, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, pp. 11703-11708

KRIST S., BUCHBAUER G., KLAUSBERGER C. (2008) Lexikon der pflanzlichen Fette und Öle, Springer Wien NewYork, pp. 360-364

KÖRBER-GROHNE U. (2001) Nutzpflanzen in Deutschland – Von der Vorgeschichte bis heute, Nikol Verl.-Ges., pp. 223-237

KUBECKA K.H., STAHL E. (1975) Volatile oils from *Apiaceae* (*Umbelliferae*). I. Oil of *Pastinaca sativa* roots, *Planta Medica*, 27 (3), pp. 235-241

KUBECKA K.H., STAHL E. (1977) On the essential oils from the *Apiaceae* (*Umbelliferae*) II. The essential oils from the above ground parts of *Pastinaca sativa*, *Planta Media*, 31 (2), pp. 173-184

KULL U. (2005) Grundriss der allgemeinen Botanik, Schweizerbart Stuttgart, 2. Auflage, pp. 162-163

KUTSCHERA L., LICHTENEGGER E., SOBOTIK M. (2009) Wurzelatlas der Kulturpflanzen gemäßigter Gebiete mit Arten des Feldgemüsebaues, DLG-Verlag Frankfurt am Main, 7. Band, pp. 44

LAMIOT (2008) *Apium repens* [Online] Available: http://de.hortipedia.com/index.php?title=Datei:Apium_repens_photo_file_470KB.jpg&filetimestamp=20110513152625 [Accessed 21.07.2012]

LAWTON B.P. (2007) Parsleys, Fennels, and Queen Anne's Lace – Herbs and ornamentals from the umbel family, Timber Press Portland Oregon pp. 32-45

LEE B.K., KIM J.H., JUNG J.W., CHOI J.W., HAN E.S., LEE S.H., KO K.H., RYU J.H. (2005) Myristicin-induced neurotoxicity in human neuroblastoma SK-N-SH cells, *Toxicology Letters*, 157, pp. 49-56

LEE J.Y., PARK W. (2011) Anti-Inflammatory effect of Myristicin on RAW 264.7 macrophages stimulated with Polyinosinic-Polycytidylic Acid, *Molecules*, 16, pp. 7132-7142

LEITZMANN C., MÜLLER C., MICHEL P., BREHME U., TRIEBEL T., HAHN A., LAUBE H. (2009) Ernährung in Prävention und Therapie, 3. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Hippokrates Verlag Stuttgart, pp. 40-43

LEYO (2009) Chemische Struktur von Isopimpinellin [Online] Available: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Isopimpinellin.png> [Accessed 7.9.2012]

LEYO (2010) Chemische Struktur von Oxypeucedanin [Online] Available: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Oxypeucedanin_hydrate.svg [Accessed 12.9.2012]

LIEBEREI R., REISDORFF C., FRANKE W. (2007) Nutzpflanzenkunde, Thieme-Verlag Stuttgart-New York, 7. Auflage, pp. 16-17; 31; 267-269

LIECHTENSTEIN E.P., CASIDA J.E. (1963) Myristicin, an insecticide and synergist occurring naturally in the edible parts of parsnip, *Journal for Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 11, No. 5, pp. 410-415

LOOS G.H. (2012) *Pastinaca sativa* – Pastinak (*Apiaceae*), Gemüse der Jahre 2011/2012, Bochumer Botanischer Verein, pp. 1-21

MANSFELD R. (1986) Verzeichnis landwirtschaftlicher und gärtnerischer Kulturpflanzen, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo, Band 2, pp. 1001-1002

MATĚJKOVÁ J., PETŘIKOVÁ K. (2010) Ascorbic acid contents in selected vegetables in relation to variety, growing site, year and storage, *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelinanae Brunensis*, Vol. 58, Issue 1, pp. 95-100

MATTERN R. (2010) Chemische Struktur von β -Farnesen [Online] Available: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Beta_Farnesen.svg [Accessed 7.9.2012]

MATTERN R. (2010) Chemische Struktur von α -Farnesen [Online] Available: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alpha_Farnesen.svg [Accessed 24.10.2012]

MAXIA A., MARONGIU B., PIRAS A., PORCEDDA S., TUVERI E., GONCALVES M.J., CAVALEIRO C., SALGUEIRO L. (2009) Chemical characterization and biological activity of essential oils from *Daucus carota* L. subsp. *carota* growing wild on the Mediterranean coast and on the Atlantic coast, *Fitoterapia*, Vol.80, pp. 57-61

OSTERTAG E., BECKER T., AMMON J., BAUER-AYMANNS H., SCHRENK D. (2002) Effects of storage conditions on furocoumarin levels in intact, chopped or homogenized parsnips, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, pp. 2565-2570

OZÇELİK B., KUSMENOĞLU S., TURKOZ S., ABBASOĞLU U. (2004) Antimicrobial activities of plants from the *Apiaceae*, *Pharmaceutical Biology*, Vol. 42, No.7, pp. 526-528

PELZMANN H. (2004) Gemüsebau im Freiland und unter Folien, 6. vollständig neu bearbeitete Auflage, Cadmos Verlag, pp. 144-150

PEROUTKA R., SCHULZOVÁ V.; BOTEK P., HAJŠLOVÁ J. (2007) Analysis of furanocoumarins in vegetables (*Apiaceae*) and citrus fruits (*Rutaceae*), *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, pp. 2152-2163

PETROPOULOS S.A., DAFERERA D., POLISSIOU M.G., PASSAM H.C. (2009) Effect of nitrogen-application rate on the biomass, concentration, and composition of essential oils in the leaves and roots of three types of parsley, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 172, pp. 210-215

PHILMARIN (2011) vulgare frutos-1 [Online] Available: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:F._vulgare_frutos-1.JPG [Accessed 22.07.2012]

POPOVIĆ M., KAURINOVIĆ B., JAKOVLJEVIĆ V., MIMICA-DUKIC N., BURSAĆ M. (2007) Effect of Parsley (*Petroselinum crispum* (Mill.) Nym. ex A.W. Hill, *Apiaceae*) extracts on some biochemical parameters of oxidative stress in mice treated with CCl₄, *Phytotherapy Research*, 21, pp. 717-723

PRINCE M., CAMPBELL C.T., ROBERTSON A., WELLS A.J., KLEINER H.E. (2006) Naturally occurring coumarins inhibit 7,12-dimethylbenz(a)anthracene DNA adduct formation in mouse mammary gland, *Carcinogenesis*, Vol. 27, No.6, pp.1204-1213

RAI D.K, BRUNTON N.P., KOIDIS A., RAWSON A., MCLOUGHLIN P., GRIFFITHS W.J. (2011) Characterisation of polyacetylenes isolated from carrot (*Daucus carota*) extracts by negative ion tandem mass spectrometry, *Rapid Commun. Mass Spectrom*, 25, pp. 2231-2239

RASBAK (2010) *Daucus carota* fruits, wilde wortel vruchten [Online] Available: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Daucus_carota_fruits,_wilde_wortel_vruchten.jpg [Accessed 22.07.2012]

RASSOW J., HAUSER K., NETZKER R., DEUTZMANN R. (2008) Biochemie, 2. Auflage, Thieme Verlag, pp. 304

RAWSON A., BRUNTON N., TUOHY M. (2012) High pressure-temperature degradation kinetics of polyacetylenes in carrots, *Food Chemistry*, Vol.13, Issue 1, pp. 15-20

RAZAVI S.M., ZAHRI S., MOTAMED Z., GHASEMI G. (2010) Bioscreening of Oxypeucedanin, a known furanocoumarin, *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, Vol.13, No.3, pp. 133-138

RIBAYA-MERCADO J.D., MARAMAG C.C., TENGCO L.W., DOLNIKOWSKI G.G., BLUMBERG J.B., SOLON F.S. (2007) Carotene-rich plant foods ingested with minimal dietary fat enhance the total-body vitamin A pool size in Filipino schoolchildren as assessed by stable-isotope-dilution methodology, *American Journal of Clinical Nutrition*, Vol. 85, Issue 4, pp. 1041-1049

ROMAN M., BARANSKI R., BARANSKA M. (2011) Nondestructive raman analysis of polyacetylenes in apiaceae vegetables, *J.Agricultural and Food Chemistry*, 59, pp. 7647-7653

ROMAN M., DOBROWOLSKI J.C., BARANKSA M., BRANSKI R. (2011) Spectroscopic studies on bioactive polyacetylenes and other plant components in wild carrot root, *Journal of Natural Products*, 74, pp. 1757-1763

RUBATZKY V.E., QUIROS C.F., SIMON P.W. (1999) Carrots and related vegetable umbelliferae, CABI Publishing Oxon, pp. 127, 222

SALUPLANTA (2009) Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus, Band 1, Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Bernburg, pp. 214-215, 220-221

SCHULTZ-WITTE J. (2011) Diversität wertgebender Inhaltsstoffe bei *Daucus carota* L, Dissertation am Julius Kühn-Institut Hamburg

SHARMA K.D., KARKI S., THAKUR N.S., ATTRI S. (2012) Chemical composition, functional properties and processing of carrot – a review, *Journal of Food Scientists & Technologists*, 49(1), pp. 22-32

SIMMONDS N.W. (1976) Evolution of Crop Plants, Longman London, pp. 292-293, 323

SIMPSON M.G. (2010) Plant Systematics, Elsevier Verlag, 2. Auflage, pp. 419

SOUCI S.W., FACHMANN W., KRAUT H. (2008) Die Zusammensetzung der Lebensmittel - Nährwerttabellen, Wissenschaftliche VerlagsgesellschaftgBH Stuttgart, 7. revidierte und ergänzte Auflage, pp. 772-774, 780-783, 846-847

SØLTOFT M., ERIKSEN M.R., TRÄGER A.W.B., NIELSEN J., LAURSEN K.H., HUSTED S., HALEKOH U., KNUTHSEN P. (2010) Comparison of Polyacetylene content in organically and conventionally grown carrots using a fast ultrasonic liquid extraction method, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, pp. 7673-7679

STATISTIK AUSTRIA (2012) Gemüseproduktion, Vorschätzung Juni 2012 [Online] Available:

http://www.statistik.at/web_de/statistiken/land_und_forstwirtschaft/agrarstruktur_flaechen_ertraege/gemuese/index.html [Accessed:16.8.2012]

STEVENS P.F. (2001 onwards) Angiosperm Phylogeny Website [online]
Available: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/> [Accessed 21.07.2012]

STORL W.D., PFYL P.S. (2006) Bekannte und vergessene Gemüse – Geschichte, Rezepte, Heilkunde, Piper München Zürich, pp. 125-131, 145-151, 270-274

STURM J.G. (1796) Illustration *Pastinaca sativa*, [Online] Available: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pastinaca_sativa_Sturm28.jpg [Accessed 24.08.2012]

TEUSCHER E. (2003) Gewürzdrogen. Ein Handbuch der Gewürze, Gewürzkräuter, Gewürzmischungen und ihrer ätherischen Öle, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, pp. 275-280

TEUSCHER E., LINDEQUIST U. (2010) Biogene Gifte. Biologie – Chemie – Pharmakologie – Toxikologie, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, 3. Auflage, pp. 39-45, 123-125, 321-329, 335-340

THOMÉ O.W. (1885) Illustration *Petroselinum crispum* [Online] Available: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Illustration_Petroselinum_crispum0.jpg [Accessed 24.10.2012]

TIMVICKERS (2008) Chemische Struktur von α -Tocopherol [Online] Available: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:RRR_alpha-tocopherol.png [Accessed 7.9.2012]

VAN WYK B.E. (2005) Handbuch der Nahrungspflanzen – Ein illustrierter Leitfaden, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, pp. 173, 282, 287

WARNING W.C. (1934) Anatomy of the vegetative organs of the parsnip, *The Botanical Gazette*, Vol. 96, Number 1, pp. 44-72

WEBERLING F., SCHWANTES H.O. (2000) Pflanzensystematik, Eugen Ulmer GmbH & CO Stuttgart, 7. Auflage, pp. 173-175

WEIHE K. (1972) August Garcke Illustrierte Flora, Verlag Paul Parey Berlin und Hamburg, 23. Völlig neugestaltete und illustrierte Auflage, pp. 1004, 1035, 1042

WINK M., VAN WYK B.E. (2008) Mind-altering & Poisonous Plants of the World, Briza Publications Pretoria, pp. 140

WUYTS D. (2012) Parsley, *Petroselinum*, *Phytotherapy*, Vol.10, Issue 2, pp.117-120

YATES S.G., ENGLAND R.E. (1982) Isolation and analysis of carrot constituents: Myristicin, Falcarinol, and Falcarindiol, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 30, No. 2., pp. 317-320

YIKRAZUUL (2011) Chemische Struktur von β -Ocimen [Online] Available: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:\(E\)-beta-ocimene.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:(E)-beta-ocimene.svg) [Accessed 7.9.2012]

ZAINI R., CLENCH M.R., LE MAITRE C.L. (2010) Bioactive chemicals from carrot (*Daucus carota*) juice extracts for the treatment of leukemia, *Journal of Medical Food*, 14 (11) 2011, pp. 1303-1312

ZELL H. (2009) Wilde Karotte [Online] Available: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Daucus_carota_001.JPG [Accessed 30.09.2012]

ZIDORN C., JÖHRER K., GANZERA M., SCHUBERT B., SIGMUND E.M.,
MADER J., GREIL R., ELLMERER E.P., STUPPNER H. (2005) Polyacetylenes
from the apiaceae vegetables carrot, celery, fennel, parsley and parsnip and
their cytotoxic activities, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, pp.
2518-2523

8 Lebenslauf

Name	Barbara Margareta BERGER
Geburtsdatum	27.06.1980 in Wien
Staatsangehörigkeit	österreichisch
Familienstand	ledig

Schulbildung und Berufsausbildung

seit 2000	Diplomstudium Ernährungswissenschaften
1999 bis 2000	Ausbildung zur Pharmareferentin, Pharm-Ref-Consulting, Wien
1994 bis 1999	Höhere Bundeslehranstalt für Land- und Ernährungswissenschaft, Schloss Sitzenberg
1990 bis 1994	Hauptschule, Zwentendorf
1986 bis 1990	Volksschule, Zwentendorf

Beruflicher Werdegang

2011	Praktikum Höhere Bundeslehranstalt für Wein- und Obstbau, Klosterneuburg Labor und Technikum
2010	Praktikum Josef Baumgartner, Dürnrohr Ab-Hof-Verkauf, Direktvermarktung
2008	Praktikum Höhere Bundeslehranstalt für Land- und Ernährungswissenschaft, Schloss Sitzenberg Großküche, Speiseplangestaltung
seit 2006	Österreichische Post AG, Zwentendorf Distributionsleiterin i.V., Zustelldienst

2001 bis 2006	Angestellte (Teilzeit) Copy & Druck 1, Tulln
1998 und 1999	Praktikum Dr. Wolfgang Kühtreiber, Litschau Tierarzthelferin

Weitere Qualifikationen

Fremdsprachenkenntnisse Englisch

Schwedisch

Spanisch (Grundkenntnisse)

EDV-Kenntnisse

MS-Office (Word, Excel, Powerpoint)

Wien, 2012